

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Dárius Toman

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**Generace výkonového měřicího
signálu**
**Power Measurement Signal
Generation**

Zadání bakalářské práce

Student: **Dárius Toman**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy
Téma: Generace výkonového měřicího signálu
Power Measurement Signal Generation

Zásady pro vypracování:

Cílem řešení bakalářské práce je vytvoření podpůrné aplikace pro měření vlastností měřicích traf v závislosti na zkrácení měřeného signálu.

Body zadání:

1. Studium vlastností výkonového zdroje HP6834B a možností jeho ovládání přístrojů přes komunikační rozhraní.
2. Programování komunikační aplikace v prostředí LabView s možností využití přístrojového driveru.
3. Tvorba aplikace pro generaci výkonového signálu s definovaným obsahem harmonických.
4. Ověření činnosti aplikace při praktickém měření.
5. Zhodnocení výsledků měření.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HEWLETT PACKARD. *AC Power Solutions HP Model 6834B*. Programming Guide. December 1998. 104 s.
- [2] KOVAL, Ludvík. *Virtuální instrumentace*. Sylaby do předmětu Elektrická měření. Ostrava, 2012. 12 s.
- [3] HAASZ, Vladimír a Jaroslav ROZTOČIL. *Měřicí systémy na bázi IBM-PC*. Skripta. Praha: ČVUT Praha, 1999. 122 s. ISBN 80-01-01693-5.
- [4] HAASZ, Vladimír a Jaroslav ROZTOČIL. *Měřicí systémy: doplňkové skriptum*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Elektrotechnická fakulta, 1999, 55 s. ISBN 80-01-01966-7
- [5] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. Praha : BEN - technická literatura, 2008. 248 s. ISBN 978-80-7300-245-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ludvík Koval, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2015

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry

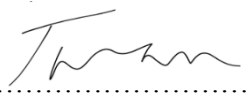


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení Studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Datum: 7. 5. 2015

Podpis: 

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval pánu doc. Ing. Ludviku Kovalovi, Ph.D. za odborné konzultace a pomoc při této bakalářské práci.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá měřením frekvenčních vlastností měřicích traf a vstupních převodníků signálů. V závislosti na frekvenci je měřen útlum vyšších harmonických signálů.

Cílem bakalářské práce je vytvořit podpůrnou aplikaci ve vývojovém systému LabVIEW, která v součinnosti se silovým výkonovým zdrojem HP6834B generuje měřicí signál dle zadání uživatele. Výkonový zdroj HP6834B je přes komunikační rozhraní GPIB připojen k řídicímu PC. Podpůrná aplikace umožňuje generaci harmonicky zkreslených signálů a tvoří takto platformu pro testování frekvenčních vlastností měřicích traf a převodníků signálu.

Klíčová slova

Měřicí trať, převodníky, LabVIEW, HP6834B, GPIB, harmonické signály

Abstrakt

The bachelor deals with the measurement of frequency characteristics measuring transformers and converters of input signals. Depending on the frequency is measured attenuation of higher harmonic signal.

The aim of the bachelor is to create a support application in development system LabVIEW, which together with the force power source HP6834B generates measurement signal according to user input. Power source HP6834B is via the communication interface GPIB connected to the control PC. Supporting application allows the generation of harmonic distorted signals and form a platform for testing frequency properties of the measuring transformers and signal converters.

Key Words

Measuring transformers, converters, LabVIEW, HP6834B, GPIB, harmonic signals

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratky:

AC – (Alternating Current)-Střídavý Proud

API - (Application Programming Interface) rozšiřující aplikace

Basic – (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) univerzální symbolické kódové instrukce pro začátečníky, programovací jazyk

C – programovací jazyk

Cross-platform – odkazuje se na schopnost softwaru nebo hardwaru běžet stejně na různých platformách

CVI - (C for Virtual Instrumentation) C pro virtuální přístroje

DAQ – (Data Acquisition), sběr dat

DC – (direct current)- stejnosměrný proud

DMM - (digital multimeter)- digitální multimetr

Ethernet - je název souhrnu technologií pro lokální počítačové sítě

Firmware - označení pro software

GPIO – (General Purpose Interface Bus) standartní rozhraní, měřicí přístroj – PC

GUI – (Graphic User Interface) grafické uživatelské rozhraní

IDFinder - Instrument Driver Finder

IEEE-488 – digitální komunikace krátkého dosahu

I/O – (input/output) – vstup/výstup

IVI- Interchangeable Virtual Instrument

LabVIEW – (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) grafické programovací prostředí

LabWindows / CVI - je osvědčené ANSI (American National Standards Institute) C integrované vývojové prostředí

LED - (Light Emiting Diode), polovodičový zdroj světla

NI – (National Instruments) název společnosti

PCI - (Peripheral Component Interconnect) počítačová sběrnice pro připojení periférií k základní desce

Plug and Play - (v překladu „připoj a hraj“) je počítačová technologie umožňující jednodušší rozpoznávání a konfigurace hardware

PC - osobní počítač

RMS – (Root Mean Square) - Efektivní hodnota

Rogowského cívka - je cívka ve tvaru toroidu bez feromagnetického jádra

RS-232 - komunikační rozhraní

SCP – (Standard Commands for Programmable Instruments) standardní příkazy pro programovatelné přístroje

SM – Proudové trafo

TL20 – oddělovací trafo

USB - (Universal Serial Bus) univerzální sériová sběrnice

VA – volty, ampéry

VGA- (Video Graphics Array)- počítačový standard pro počítačovou zobrazovací techniku

VI – (Virtual Instrument) virtuální přístroj

Symboly:

a_I – proudový útlum

a_U – napěťový útlum

A_I – proudový přenos

A_U – napěťový přenos

I_1 – proud při základní harmonické

I_2 - proud při dané harmonické

$I_{10\%}$ - deseti procentní I_1

U_1 - napětí při základní harmonické

U_2 – napětí při dané harmonické

$U_{10\%}$ - deseti procentní U_1

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Úvod do Labview	2
1.1.	Základní popis programů LabVIEW	2
1.2.	Virtuální přístroj	2
3.	Ovladače	4
2.1.	Přehled	5
2.1.1.	Plung and Play	5
2.1.2.	Interchangeable Virtual Instrument (IVI)	7
2.1.3.	Instrument Driver Network	8
4.	Použité přístroje	9
3.1.	Generátor HP6834B	9
3.1.1.	Popis	9
3.1.2.	Čelní panel/ Vzdálené řízení	11
3.1.3.	Výstupní Charakteristiky	11
3.1.4.	Výstupní VA charakteristika	12
3.2.	Analyzátor sítí BK-ELCOM ENA330	12
3.3.	TANK-800	14
3.4.	Převodníky	16
3.4.1.	Napěťový převodník SCM-101	16
3.4.2.	Proudový převodník SCM-111	17
3.5.	NI GPIB-USB-HS	18
3.6.	NI PCI-6221	18
4.	Použitý přístrojový ovladač	20
5.	Program	24
5.1.	Čelní panel	24
5.1.1.	Generace	24

5.1.2.	Měření.....	24
5.1.3.	Výstup.....	25
5.2.	Blokový diagram	26
5.2.1.	Generace	26
5.2.2.	Měření.....	27
5.2.3.	Výstup.....	27
6.	Měření.....	28
7.	Závěr.....	40

1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá vlastnostmi měřicích traf a převodníků a jejich vlivu na přenos vyšších harmonických signálů. Klade si za cíl poskytnout představu o útlumu vyšších harmonických měřeného signálu při jeho transformaci měřicími trafy nebo při jeho úpravě měřicími převodníky.

Základním požadavkem bakalářské práce je vytvořit podpůrnou aplikaci ve vývojovém systému LabVIEW. Pomocí této aplikace lze mixovat měřicí signál s různým obsahem harmonických a velikosti jejich amplitudy. Přes komunikační rozhraní GPIB je měřicí signál přenesen do paměti výkonového zdroje HP6834B. Výkonový zdroj následně generuje měřicí signál, který je zpracováván měřicími trafy a převodníky signálů. Měřením úrovně vyšších harmonických na vstupu a výstupu měřicích traf a převodníku je zjištěn jejich přenos (útlum). Rozsah měřených frekvencí byl stanoven do hodnoty 2450 Hz (49. harmonická).

2. Úvod do Labview

2.1. Základní popis programů LabVIEW

LabVIEW je vývojové programovací prostředí, určené především pro návrh, simulací, měření a testování různých systémů a zapojení. Je velmi podobné modernímu prostředí C nebo Basic a LabWindows/CVI. Prostředí LabVIEW se však od nich liší v jedné základní funkci. LabVIEW používá programovací jazyk G (Graphical language), k vytváření programů ve formě blokových diagramů, zatím co ostatní programovací systémy používají programovací jazyky postavený na základě textových příkazů. LabVIEW, stejně jako C nebo Basic, je programovací systém pro všeobecní použití s rozšiřujícími knihovnými funkcemi pro jakoukoliv programovací úlohu. LabVIEW obsahuje knihovny pro získávání dat a ovladače uchování dat a ovladače GBIP a sériové rozhraní, pro analýzu a prezentaci dat a pro jejich uchování. Dále obsahuje klasické programovací nástroje, kterými, je možné nastavit místo přerušení běhu programu, nastavit animování a vykonávání příkazů, pomocí kterých je dobře viditelný přechod dat programem a krokovaní programů pro jednodušší odladění a vývoj. LabVIEW obsahuje vestavěné knižnice pro tzv. DAQ karty a systémy na bázi VXI sběrnic.

LabVIEW je systém určený pro všeobecní programovací účely, ale navíc obsahuje knihovní funkce a vývojové nástroje, speciálně navrhnuté na ovládání přístrojů a získávání dat. Programy vytvořené v LabVIEW se jmenují virtuální přístroje (Virtual Instruments), tzv. VIs, protože jejich vzhled a činnost připomíná opravdový přístroj.

2.2. Virtuální přístroj

Virtuální přístroj zkráceně VI, jako základní jednotka aplikace vytvořená ve vývojovém prostředí LabVIEW, obsahuje dvě základní části čelní panel a blokový diagram:

- čelní panel (Front Panel), je grafické rozhraní plnící funkcí komunikací mezi uživatelem a přístrojem. Obsahuje prvky pro ovládání (otočné regulátory, tlačítka, přepínače,...) a indikaci (grafy, LED, ručičkové ukazatele,...). Čelní panel ovládá uživatel pomocí myši nebo klávesnice. Z pohledu programování se jedná o GUI.
- činnost virtuálního přístroje je daná jeho blokovým diagramem (Block Diagram). Blokový diagram je grafickým vyjádřením zdrojového kódu virtuálního nástroje.

Slouží pro propojení jednotlivých bloků signálovými cestami. Bloky jsou tvořené jednak koncovými bloky, které jsou na panelu zdrojového schématu umístěny automaticky při tvorbě čelního panelu a také uzlovými bloky, které reprezentují bloky zpracovaného signálu. Blokový diagram je zdrojovou podobou každé aplikace.

Aby virtuální přístroj mohl správně pracovat, a aby plnil účely, na které je navrhnutý, je nutné doplnit otevřenou architekturu osobního počítače o to, co mu chybí, aby mohl plnit úlohu měřicího přístroje. V oblasti hardwaru je to zásuvná multifunkční karta vybavená konektorem pro zasunutí této karty do základní desky osobního počítače (ISA, EISA, PCI sběrnice). Úkolem této zásuvné měřicí desky je převod měřených analogových signálu na číslo a vstup binárních signálu. Měřicí karta má více vstupů a výstupů, na které je možno připojit signály různé charakteristiky.

V oblasti software je vhodný program pro počítač, který realizuje všechny funkce měřicího přístroje a plní tak úlohu firmware měřicího přístroje. Takým to způsobem může zabránit duplicitě, která se objevuje při propojení měřicího přístroje s počítačem.

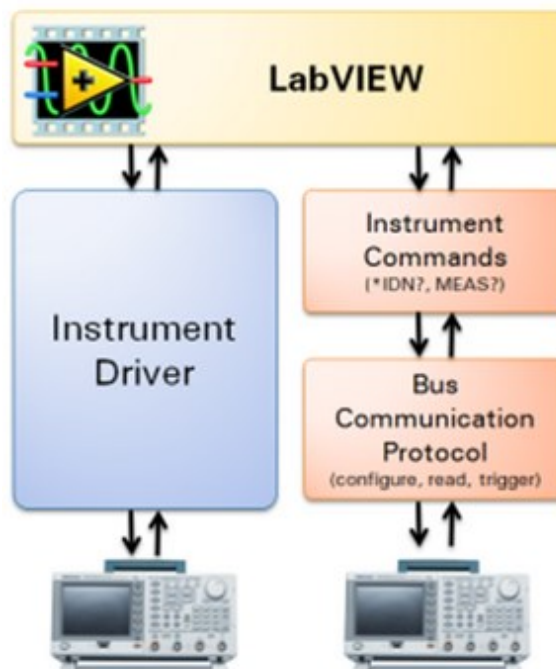
Filozofie měřicího přístroje je velmi progresivní, protože umožňuje při zachování výkonnostních parametrů klasické měřicí techniky vytvářet přístroje, kterých funkce přesně odpovídá požadavkům uživatele, protože jsou realizovány softwarem. Navíc, tato koncepce umožňuje doplnit další funkce podle rostoucích a měnících se potřeb kokového uživatele. Cena tak bývá nižšími, jako je cena klasické analogové měřicí techniky. Navíc je možno kdykoliv změnou programu vytvořit jiný měřicí přístroj, nebo upravit vlastností původního.

3. Ovladače

Každý programovatelný test a měřicí přístroj obsahuje sadu příkazů, kterým rozumí. Typicky, programátorský manuál je, že přichází s nástrojovými dokumenty tyto příkazy, a to je na vás, abyste jste si našli příkazy, které potřebujete. Některé příkazy, jako je identifikace (* IDN?), jsou stejné pro většinu nástrojů. Ale pro většinu nástrojů, příkazy a parametry jsou jedinečné pro jednotlivé typy přístrojů.

Přístrojové ovladače zjednodušují tento proces tím, že odstraní příkazy nízké úrovně pro každý nástroj a poskytuje známý API pro všechny nástroje. Použitím přístrojového ovladače, se můžete soustředit na aplikaci, kterou vyvíjíte, než trávit čas hledáním správných příkazů, formátováním příkazových řetězců, nebo formátováním vrácených dat.

Navíc NI LabVIEW přístrojové ovladače jsou založeny na standardu Virtual Instrument Software Architecture (VISA), což z nich dělá sběrnici a nezávislou na platformě. Například, místo toho, abyste se snažili portovat příkazový řetězec self-test * TST? přes linku RS232, stačí použít LabVIEW Self-Test VI.



obr. 1: Princip přístrojového ovládání

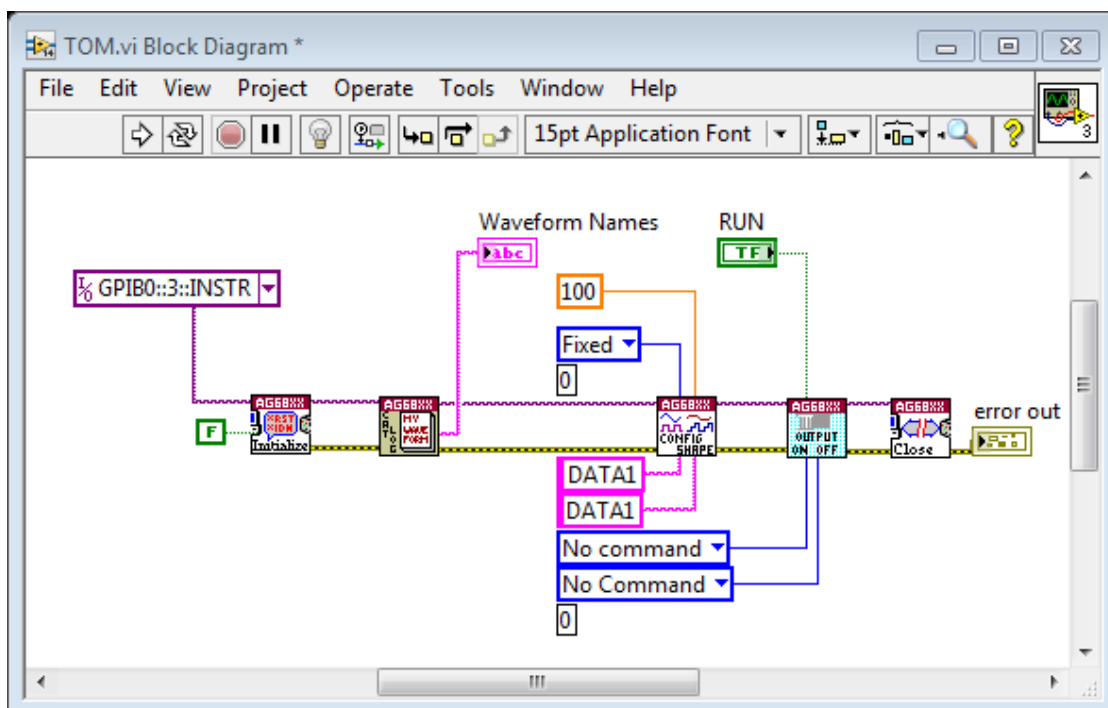
3.1. Přehled

Plug and Play Interchangeable Virtual Instrument (IVI) jsou dvě technologie používané společností National Instruments LabVIEW a LabWindows/CVI přístrojové ovladače. Každý typ ovladač nabízí výhody pro různé případy použití a potřeby.

3.1.1. Plug and Play

Plug and Play přístrojové ovladače, které zjednodušují ovládání a komunikaci s vašimi přístroji prostřednictvím standardního a přímočarého programovacího modelu pro všechny ovladače, jsou přehlednější a modifikovatelnější než jiné technologie přístrojových ovladačů.

Plug a Play přístrojový ovladač je soubor funkcí používaný k řízení a komunikaci s programovatelnými přístroji. Každá funkce odpovídá programové operaci, jako je konfigurace, čtení, psaní a spouštění přístroje. Plug a Play přístrojové ovladače jsou v souladu s programovacími pokyny. Protože Plug a Play ovladače udržují společnou architekturu a rozhraní a obsahují příklady aplikací, můžete rychle a snadno připojit a komunikovat se svými nástroji s malým nebo žádným vývojem kódem. Navíc se standardním programovacím modelem Plug a Play, můžete snadno přidat nástroj pro testování systému bez starosti o učení se nových komunikačních protokolů, nebo trávením času pro pochopení nových programovacích paradigmat.



obr. 3: Použitý přístrojový ovladač

3.1.2. Interchangeable Virtual Instrument (IVI)

IVI ovladače jsou sofistikovanější přístrojové ovladače, které představují větší výkon a flexibilitu pro složitější testy aplikací, které vyžadují vzájemnou zaměnitelnost, uchovávání stavu v mezipaměti nebo simulaci přístrojů.

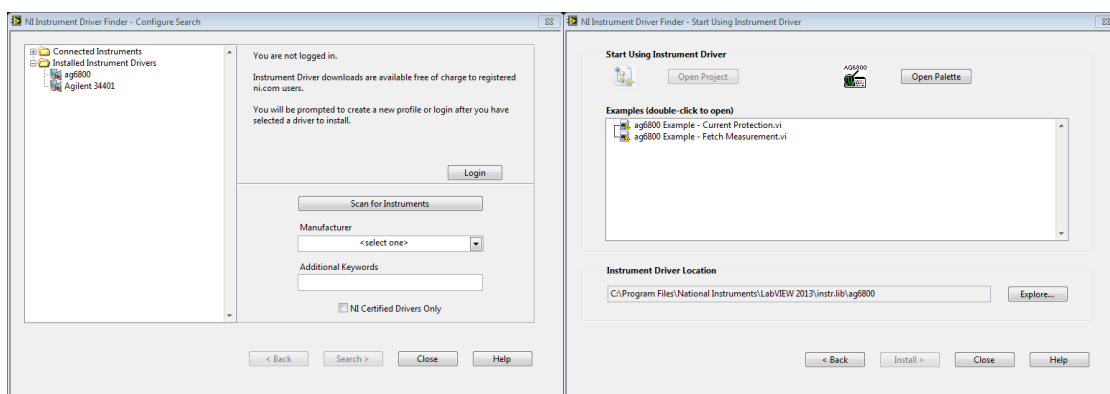
IVI ovladače realizují ukládání stavu přístroje do mezipaměti, proto aby byly odstraněny nadbytečné příkazy, které mohou být zaslány na přístroje ve vašem systému. Toto snížení v přístroji I/O může poskytnout významné zlepšení výkonu. IVI ovladače mohou být nastaveny tak, aby spuštění v režimu simulace, kde příslušný přístroj signál získá, nebo generuje, je simulováno v softwaru.

Jednou z nejdůležitějších vlastností ovladačů IVI je jejich schopnost umožnit přístrojům, aby byly vzájemně zaměňovány v systému bez úpravy testu aplikace. IVI Foundation definovala osm tříd nástrojů: DC napájení, DMMs, generátory funkcí, osciloskopy / digitalizátory, wattmetry, generátory RF signálu, spektrální analyzátory a přepínačů. Přístroj, který odpovídá jednomu ze specifikací IVI třídy, může být nahrazen jiným nástrojem stejného druhu, bez ohledu na výrobce nebo sběrnici (GPIB, USB, LXI, PXI).

Protože ovladače IVI jsou stále složitější, proto vyžadují více práce při instalaci a konfiguraci než LabVIEW Plug and Play ovladače. Ovladače IVI nejsou vyvinuty v LabVIEW, takže pokud je třeba něco změnit, pak potřebujete znalosti běžného textového programovacího jazyka.

3.1.3. Instrument Driver Network

LabVIEW Instrument Driver Finder (IDFinder) je nejjednodušší způsob, jak najít, stáhnout a začít používat správný přístrojový ovladač. S IDFinder, můžete vyhledat připojené přístroje a najít vhodného LabVIEW Plug and Play ovladač, které jsou dispozici v síti řidiče nástroj (IDNet), na základě počtu modelu hlášené přístrojem. IDFinder také stáhne a nainstaluje ovladač do správného adresáře na vašem počítači, takže je vám k dispozici během několika vteřin. Po úspěšné instalaci můžete otevřít paletu ovladačů nebo některý z příložených příkladů přímo z IDFinder, což znamená, že můžete rychle začít pracovat na vaší aplikaci.



obr. 4: Aplikace ID finder

Chcete-li použít IDFinder, spusťte LabVIEW a zvolte Tools»Instrumentation»Find Instrument Drivers. Můžete také spustit IDFinder z okna LabVIEW Getting Started nebo z nabídky Help. IDFinder hledá IDNet na ni.com/idnet, aby našel ovladače podporované přístrojem. IDNet je největší sbírka přístrojových ovladačů v průmyslu, zahrnující tisíce modelů přístrojů od stovek prodejců. Kromě toho, IDNet poskytuje užitečnou dokumentaci vztahující se k používání a vytváření přístrojových ovladačů.

3. Použité přístroje

4.1. Generátor HP6834B

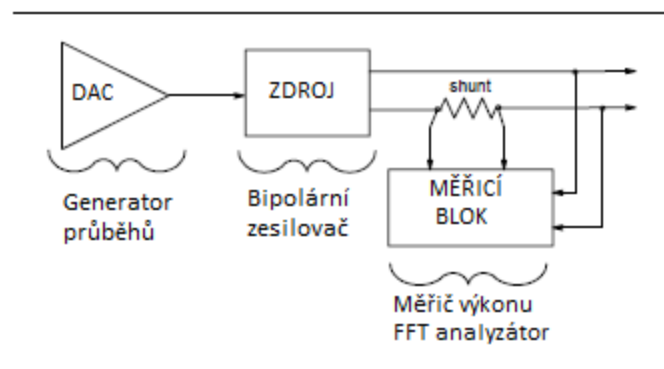
Generátor HP6834B je nedílnou součástí této bakalářské práce. Pomocí něho generujeme veškeré harmonické průběhy.



obr. 5: Generátor HP6834B

4.1.1. Popis

AC zdroj kombinuje tři nástroje v jeden celek, tak jak je znázorněno na následujícím obrázku 6. Funkční generátor produkuje časový průběh s programovatelnou amplitudou, frekvencí a tvarem. Výkonový zesilovač zesiluje signál funkčního generátoru, aby produkoval střídavý výkon pro vaši aplikaci. Měřicí funkce sahají od jednoduchého čtení RMS napětí a proudu, až do sofistikovaných funkcí, jako je analýza průběhů.



obr. 6: AC zdroj funkčních prvků

Funkce:

- Programovatelné AC napětí, DC napětí, frekvence, fáze a proudový limit.
- Sinus, obdélník, useknutý sinus a uživatelem definované průběhy.
- Napěťová a frekvenční kontrola.
- Syntetizována generace průběh pro vysoké rozlišení a přesnost frekvence, malé zkreslení průběhů, a bezproblémové fázové přechody.
- Krokový a pulsní výstupní přechod pro generování přepětí, prohybu a jiných řádkových narušení simulace.
- Permanentní seznam programování pro vytváření komplexních výstupních přechodů nebo testovacích sekvencí.
- Třífázový/jednofázový výstup.
- Rozsáhlé schopnosti měření:
 - AC RMS, DC, AC+DC napětí a proud a špičkový proud.
 - Reálný, jalový a zdánlivý výkon.
 - Harmonická analýza napěťového a proudového průběhů dává amplitudu, fázi a celkové harmonické zkreslené výsledky až do 50. harmonické.
 - Triggered akvizice digitalizovaného napětí a proudu s rozsáhlými post-akvizičními výpočty.
 - Další celkový výkon a neutrální měření proudu v třífázovém modelu.
 - Všechna měření provedena s 16-bitovým rozlišením.
 - Trigger In a Out Trigger pro synchronizaci přechodné události nebo měření s externími signály.
- Čelní ovládací panel s 14ti-znakovým vakuovým fluorescenční displej, klávesnici, a otočné pulsní generátory pro nastavení napětí a frekvence.
- Vestavěný GPIB a RS-232 rozhraní pro programování s SCPI příkazovým jazykem.
- Permanentní stav a skladování průběhů a vyvolání zpět.
- Přepětí, nad-energie, nad-proudu, nad -teplotní a RI / DFI ochranné funkce.
- Vestavěný výstup a sensitivní odpojovací relé.
- Rozsáhlý selftest, signalizace stavu a softwarová kalibrace.

4.1.2. Čelní panel/ Vzdálené řízení

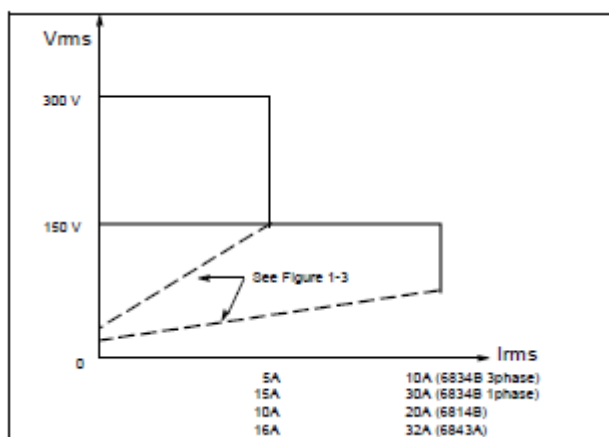
Čelní panel má jak otočné, tak i klávesnicové ovládaní pro nastavení výstupního napětí a frekvence. Display poskytuje digitální údaje o počtu výstupních měření. Oznamovací displej zobrazuje provozní stav zdroje střídavého proudu. Systémové klávesy umožňují provádět systémové funkce, jako je nastavování GPIB adresy a vyvolávání provozních stavů. Funkční tlačítka čelního panelu zprostředkovávají přístup k zdrojovému AC funkčnímu menu. Vstupní tlačítka čelního panelu umožňují vybrat a zadat hodnoty parametrů.

Vzdáleně programování se provádí buď z GPIB sběrnice nebo z RS-232 sériového portu. GPIB a RS-232 programování používá SCPI, které dělají z AC zdroje programy kompatibilní s těmi ostatními nástroji. AC zdroj status registry umožňují dálkové monitorování široké škály AC zdrojů provozních podmínek.

4.1.3. Výstupní Charakteristiky

Výstupní charakteristika AC zdroje je znázorněná na následujícím obrázku 7. Výstupní napětí AC zdroje může být nastaveno na libovolnou hodnotu v rozsahu jednotek. U třífázových prvcích, může být každá fáze nastavena nezávisle na dalších dvou.

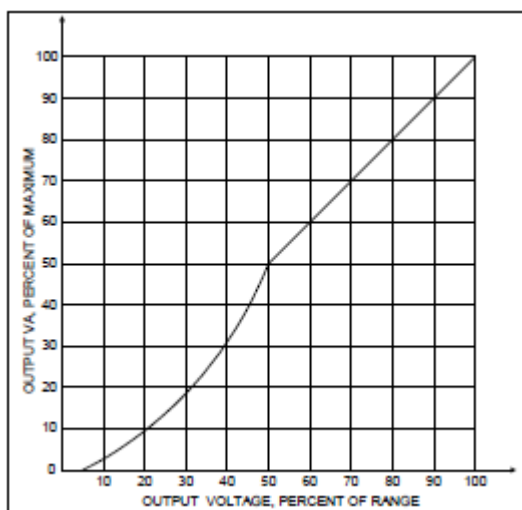
Jmenovitý výkon VA a účinnost konverze je největší, když výstupní napětí se nachází v blízkosti maxima. Pro z tohoto důvodu, střídavý zdroj je určen pro provoz na jednom ze dvou rozsahů: 150 voltů plného rozsahu, nebo 300 voltů plného rozsahu. Měli byste si vybrat oblast, která vám umožní ovládat nejbližší plného rozsahu výstupní hodnoty zvoleného rozsah.



obr. 7: AC zdroj výstupní charakteristika (v real-time mode)

4.1.4. Výstupní VA charakteristika

Výstupní charakteristika každé výstupní fáze je omezena VA, nikoli výkonem (W). Množství VA k dispozici do zátěže může být stanovena zkoumáním obr. 8, výstupní výkonové křivky. Tato křivka míry dostupnosti VA versus výstupní napětí. Plný VA je k dispozici pouze v plné rozsahu napětí. Plný proud je k dispozici při napětí mezi 50% a 100% rozsahu výstupního napětí



obr. 8: AC zdroj, VA charakteristika

4.2. Analyzátor sítí BK-ELCOM ENA330

Model ENA330 je kompaktní analyzátor kvality elektřiny bez displeje. Přístroj

je vybaven čtyřmi napěťovými a proudovými vstupy. Proudů se měří nepřímo použitím klasických proudových kleští s železným jádrem nebo flexibilních Rogowského cívek - AmpFLEX. Model ENA330 obsahuje výkonné PC a záložní napájení pro přibližně jednu minutu provozu. [5]

Rozměry umožňují snadné uzavření přístroje v rozvaděčích. Přístroj se konfiguruje pomocí ex-terního PC (notebooku). Pro snadnou komunikaci s periferními zařízeními je přístroj vybaven rozhraními USB a Ethernet. Přístroj lze vybavit volitelným rozsahem paměti pro ukládání naměřených dat. Dle zvoleného ukládacího intervalu lze měřit a ukládat data nepřetržitě až několik měsíců. [5]

Parametry:

Tabulka 1: Napěťové vstupy [5]

Počet vstupů	4
Vstupní rozsahy	450V, 250V, 110V, 65V (RMS)
Šířka pásma	45Hz až 2,5kHz
Vstupní impedance	200kOhm, 10pF
Izolační pevnost	4,2kV RMS, 50Hz, 1min
Přesnost	+/-0,1%
Zapojení	1-fázové, 3-fázové, 3-fázové + N, hvězda, trojúhelník a Aron

Tabulka 2: Proudové vstupy [5]

Počet vstupů	4
Vstupní rozsah	dle použitých proudových kleští
Šířka pásma	45Hz až 2,5kHz
Přesnost	+/-0,1%

Tabulka 3: Hardware [5]

Operační paměť	512MB RAM
Procesor	Intel® Celeron® M
HDD	CF 1GB
Rozhraní	USB, Ethernet
A/D převodník	16 bitů
Vzorkovací frekvence	9600S/s, 19200S/s, 38400S/s
Napájení	180 až 265V AC, 47 až 63Hz
Příkon	20VA



obr. 9: Analyzátor BK-ELCOM v provedení ENA330

4.3. TANK-800

Využití TANK-800 v téhle úloze, je kvůli NI-PCI 6221 karty, protože do notebooku ji nemůžeme zastrčit tak jsme použili tenhle průmyslový počítač.

Přehled:

TANK-800 je vestavěný bez ventilátorový systém pro široký rozsah teplot prostředí. Je poháněn dvou jádrovým procesorem Atom D525, využívá ICH8M čipovou sadu a má 1,0 GB DDR3 paměť. Obsahuje jeden VGA port, dva PCIe GbE LAN, čtyři porty USB 2.0 a šest COM portů.



obr. 10: TANK-800

Tabulka 4: Varianty modelů

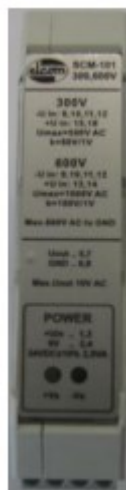
Číslo modelu	CPU	Rozšířené sloty
TANK-800-R10/D525/1GB/2P1E	Intel Atom D525 1.8GHz dual core	Dva PCI sloty Jeden PCIe x4 slot
TANK-800-R10/D525/1GB/1P2E	Intel Atom D525 1.8GHz dual core	Jeden PCI slot Jeden PCIe x1 slot Jeden PCIe x2 slot

Parametry:

- Intel Atom D525 1.8 GHz dual core procesor
- 1.0 GB DDR3 SDRAM SO-DIMM
- Redundantní duální DC vstup
- Flexibilní PCI/PCIe rozšířené sloty
- Dva Gigabitové Ethernet porty
- Čtyři USB 2.0 porty
- Čtyři RS-232 sériové porty
- Dva RJ-45 RS-422/485 sériové porty
- Jeden VGA port
- Jeden Line-in a jeden Mic-in audio jack
- Jedna CompactFlash typu II zdířka
- AT/ATX podporovaný napájecí model
- RoHS pokyny

4.4. Převodníky

4.4.1. Napěťový převodník SCM-101



obr. 11: Napěťový převodník SCM-101

Tabulka 5: Parametry napěťového převodníku [7]

Rozsah převodníku	Vstupní signál	Převodní konstanta	Typ. vstupní odpor	Chyba	Přetížitelnost $t < 1s$
600V	$\pm 600V$	100V/1V	90k Ω	0,25 %	1000V AC
300V	$\pm 300V$	50V/1V	45 k Ω	0,25 %	500V AC

Napájecí napětí: typ. 24V DC, (18..36 V DC) ochrana proti přepólování

Příkon: max. 2,5 VA

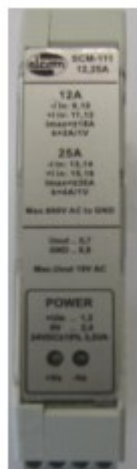
Max. výstupní signál: $\pm 10 V$

Výstupní odpor: 100 Ohm

Frekvenční rozsah: 0..100 kHz

Izolační pevnost: vstup/výstup 1500 Vrms

4.4.2. Proudový převodník SCM-111



obr. 12: Proudový převodník SCM-111

Tabulka 6: Parametry proudového převodníku [8]

Rozsah převodníku	Vstupní signál	Převodní konstanta	Typ. vstupní odpor	Chyba	Přetížitelnost $t < 1s$
25A	$\pm 25A$	4A/1V	$< 3 \text{ m}\Omega$	0,25 %	36A
12A	$\pm 12A$	2A/1V	$< 6 \text{ m}\Omega$	0,25 %	18A

Napájecí napětí: typ. 24V DC, (18..36 V DC) ochrana proti prepólování

Příkon: max. 3,5 VA

Max. výstupní signál: $\pm 10 \text{ V}$

Výstupní odpor: 100 Ohm

Frekvenční rozsah: 0..100 kHz

Izolační pevnost: vstup/výstup 1500 Vrms

4.5. NI GPIB-USB-HS

Pomocí NI GPIB-USB-HS jsme komunikovali s generátorem HP6834B.



obr. 13: NI GPIB-USB-HS

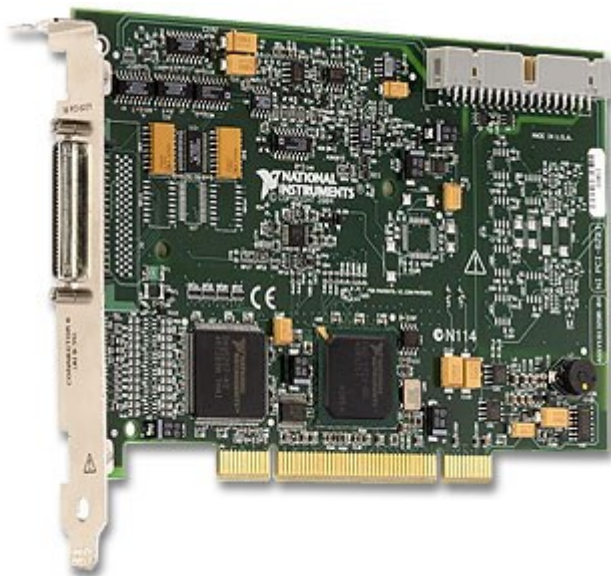
Kompaktní NI GPIB-USB-HS promění jakýkoliv počítač s USB portem na plně funkční, IEEE 488.2 ovládač, který může kontrolovat až 14 programovatelných GPIB nástrojů. Malé rozměry a nízká hmotnost je ideální pro přenos aplikací pomocí přenosného počítače, nebo jiných aplikací kde počítač nemá k dispozici interní I/O sloty.

Maximální přenosová rychlost (IEEE 488.1): 1.8 MB / s

Maximální přenosová rychlost (HS488): 7.7 MB / s

4.6. NI PCI-6221

PCI-6221 je univerzální měřicí karta. Tahle karta je určena do PC, připojuje se přes sběrnici PCI. Slouží pro základní měření, převážně signálových obvodů, čemu odpovídají i její parametry.



obr. 14: NI PCI-6221 karta

Parametry:

- 16-Bit, 250 kS/s, 16 analogových vstupů
- Dva 16 - bitové analogové výstupy (833kS/s), 24 digitálních I/O, 32 – bitové počítadlo
- NIST- kalibrační certifikát a více než 70 tvarovacích možností
- Korelované DIO (8 taktovaných linek, 1 MHz)
- NI-MCal kalibrační technologie pro zvýšení přesnosti měření

5. Použitý přístrojový ovladač

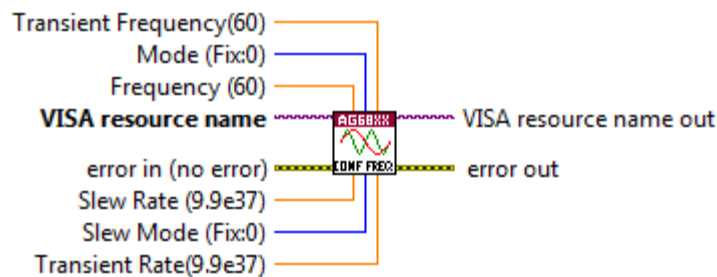
Agilent 68XX Series.lvlib:Initialize.vi



obr. 15: Initialize.vi

Tohle VI předá informace o adresování v přístrojovém popisu do Instrument Open VI a vrátí přístrojovou ID. Libovolně můžete resetovat přístroj tím, že vyvedeme na čelní pane Reset tlačítko. Je nutné spustit tohle VI před použitím některého z přístrojových ovladačů VIs pro tento nástroj.

Agilent 68XX Series.lvlib:Config Frequency.vi



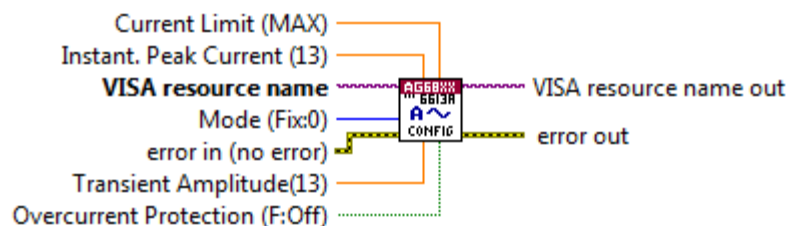
obr. 16: Config Frequency.vi

Tohle VI mění frekvenční nastavení zdroje. Má dvě skupiny příkazů.

Fekvenční nastavení: Frekvence, Mode, Přechodná frekvence.

Frekvenční celkové nastavení: Maximální rozsah, Slew Mode, Přechodná frekvence.

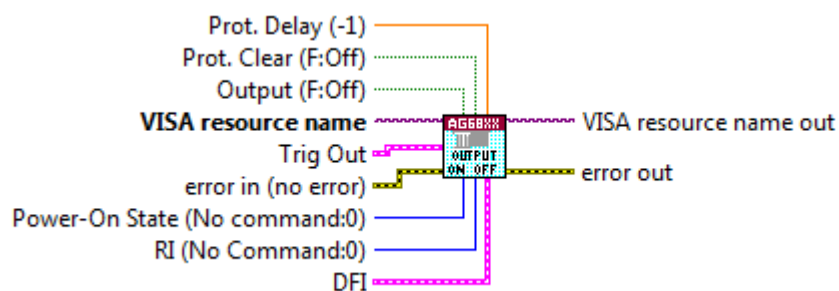
Agilent 68XX Series.lvlib:Confin Current.vi



obr. 17: Confin Current.vi

Tohle VI konfiguruje všechna proudová nastavení výkonového zdroje.

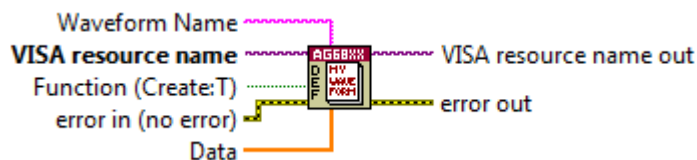
Agilent 68XX Series.lvlib:Output On-Off.vi



obr. 18: Output On-Off.vi

Tohle VI ovládá hlavní výstupy, signální výstupy, zapínání napájení a výstupní ochrana AC zdroje.

Agilent 68XX Series.lvlib:Define Waveform.vi



obr. 19: Define Waveform.vi

Tohle VI vytvoří nebo vymaže tabulky průběhy definované uživatelem. Každá tabulka průběh se skládá z 1024 bodů, které definují relativní amplitudu jednoho cyklu průběhu.

Datové body mohou být v libovolných jednotkách. AC zdroj měří data do interního formátu, který odstraňuje stejnosměrnou složku a zajišťuje, že korektní střídavé RMS napětí je generované, když je průběh vybrán.

Data jsou uložena v energeticky nezávislé paměti a data zde zůstávají, i když není napájení. Až 12 uživatelem definovaných průběhů může být vytvořeno a uloženo. Reset a recall příkazy nemají žádný vliv na uživatelem definované průběhy.

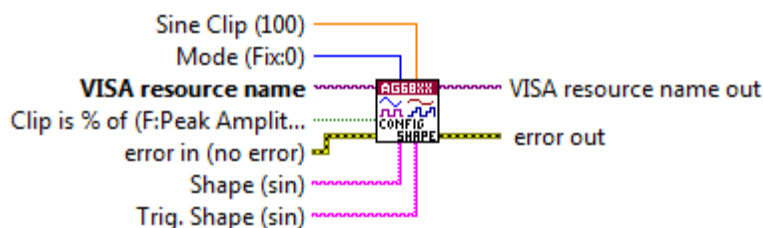
Agilent 68XX Series.lvlib:Waveform Catalog.vi



obr. 20: Waveform Catalog.vi

Tohle VI vrátí list definovaných jmen průběhů. List obsahuje jak před definované průběhy, jako jsou sinusoid, square a cosinusoid – useknutý sinus a taky uživatelem definované průběhy.

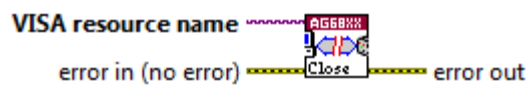
Agilent 68XX Series.lvlib:Config Shape.vi



obr. 21: Config Shape.vi

Tohle VI programuje výstupní funkce AC zdroje. Zdroj má tři základní průběhy: SIN – sinusovka, SQU – obdélník, CSIN – useknutá sinusovka. Navíc uživatel definované průběhy mohou být vybrané, zapsáním jejich názvu.

Agilent 68XX Series.lvlib:Close.vi



obr. 22: Close.vi

Tohle VI uzavře I/O propojení s přístrojem.

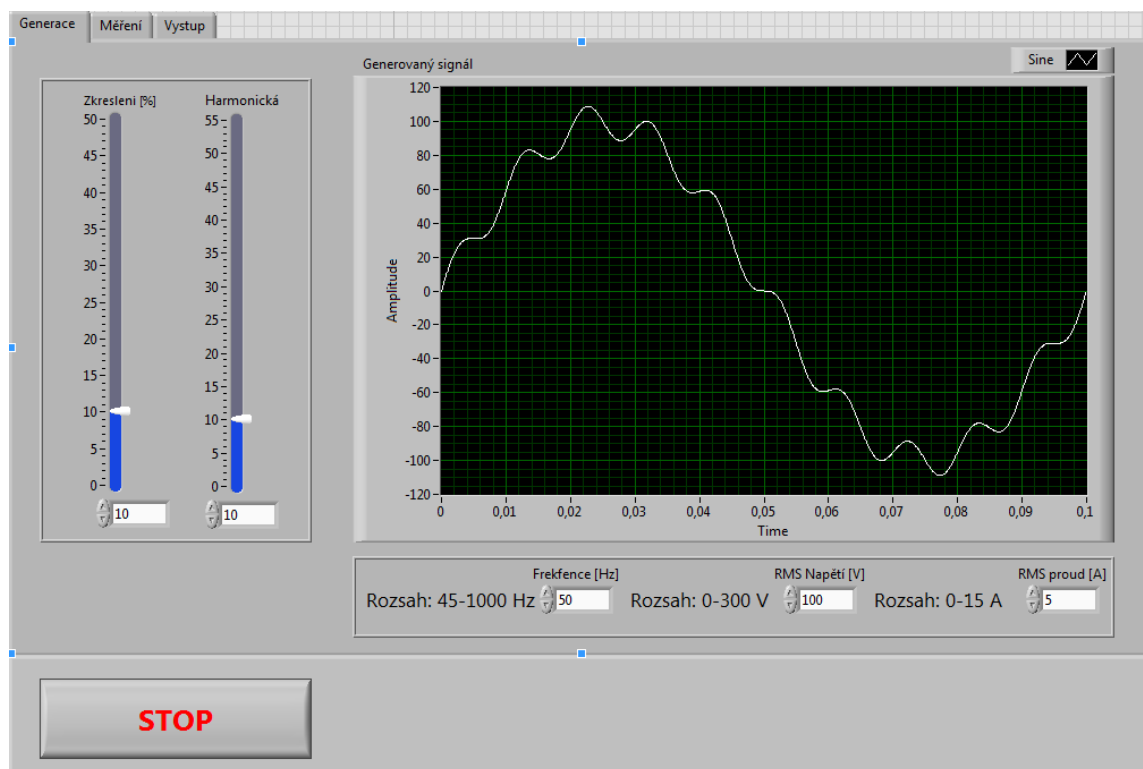
6. Program

6.1. Čelní panel

Čelní panel se dělí do tří částí Generace, Měření, Výstup.

6.1.1. Generace

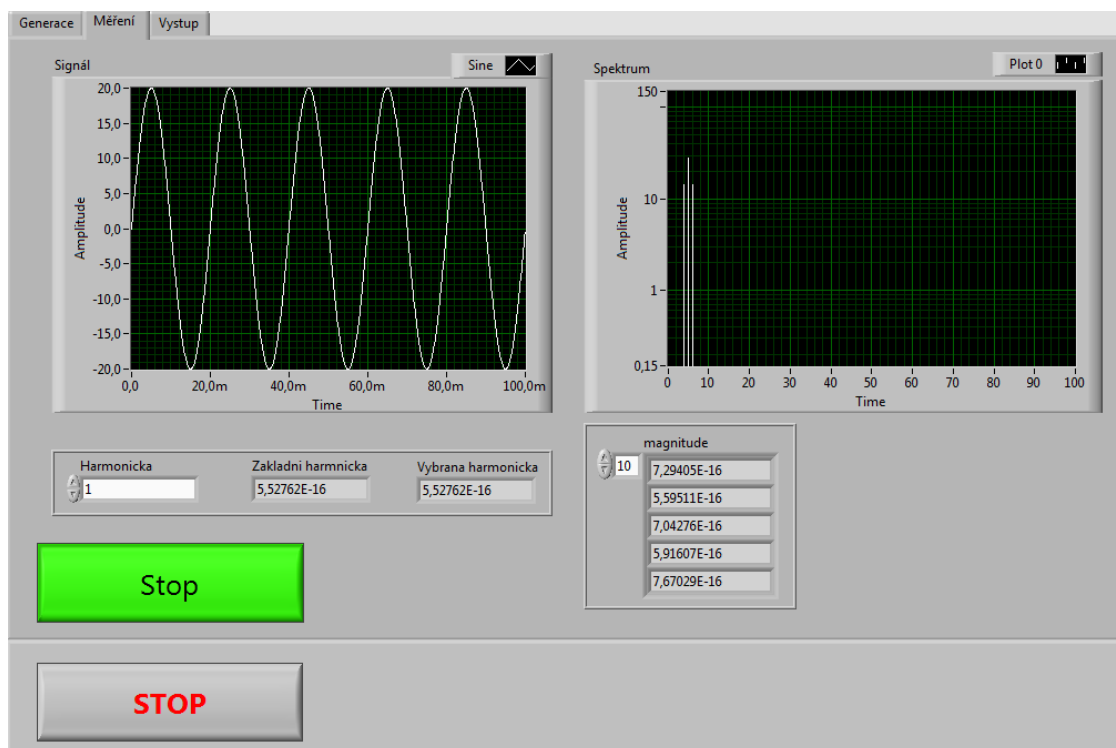
V téhle části nastavujeme parametry signálů. Volíme si zde velikost zkreslení v procentech, harmonickou, velikost frekvence, napětí a proudu. Zobrazuje se zde průběh generovaného signálu.



obr. 23: Čelní panel-Generace

6.1.2. Měření

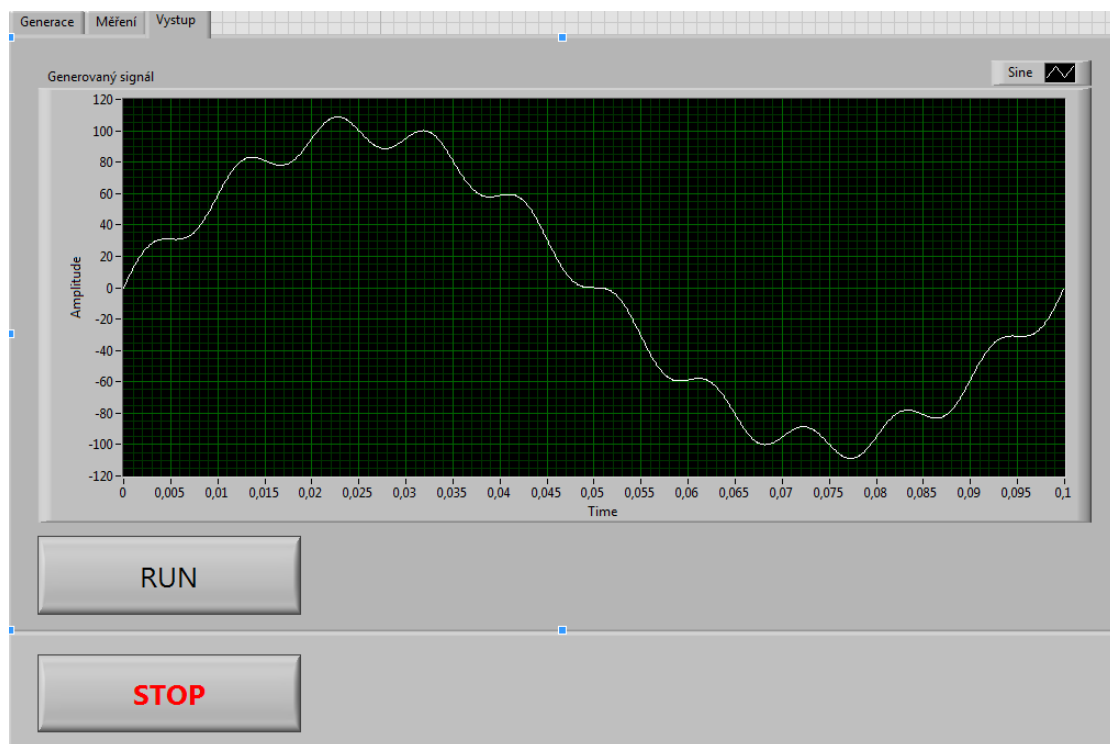
Tahle část slouží pro analýzu. Zobrazuje se nám zde generovaný signál a spektrum tohoto signálu. Volíme si zde řád harmonické, kterou chceme měřit, a zobrazují se nám zde hodnoty základní a vybrané harmonické. Aplikace se spouští pomocí tlačítka RUN, bez měřicí karty NI-PCI-6221 nám aplikace nebude fungovat.



obr. 24: Čelní panel-Měření

6.1.3. Výstup

V téhle části pomocí tlačítka RUN otvíráme výstup na generátoru HP6834B a náš signál který jsme si navolili v části generace, se nám začne generovat. Zobrazuje se zde průběh generovaného signálů.

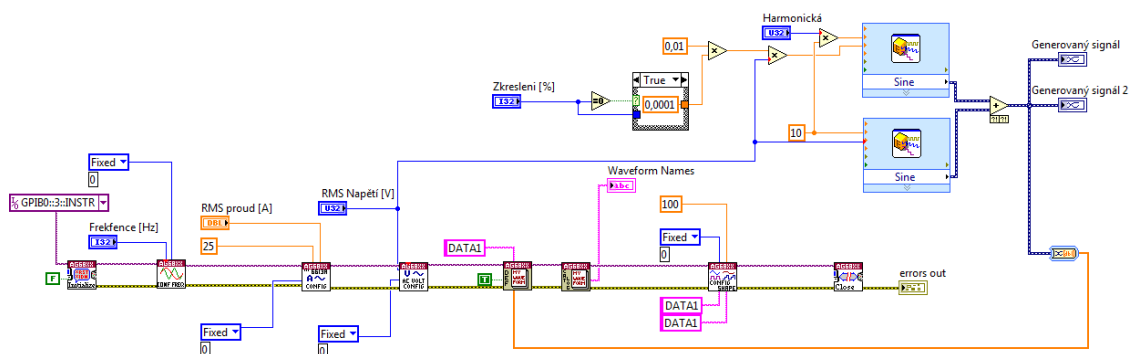


obr. 25: Čelní panel-Výstup

6.2. Blokový diagram

6.2.1. Generace

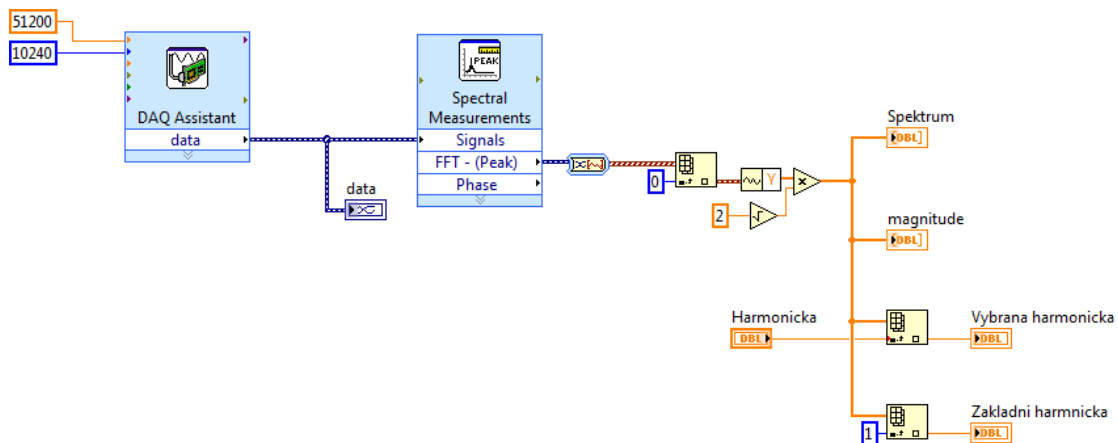
Zde modelujeme náš signál pomocí dvou simulátorů. Pak signál převádíme na array a pomocí přístrojového driveru, posíláme do zdroje HP6834B, zdroj nebude zatím signál generovat, protože má uzavřený výstup. Ale signál v něm zůstane uložený v našem případě pod názvem „DATA1“.



obr. 26: Zdrojový kód - Generace

6.2.2. Měření

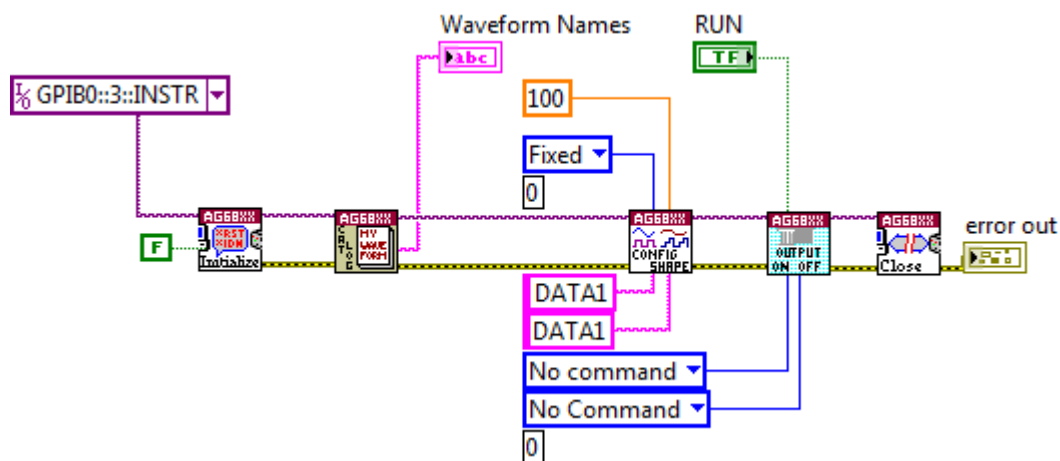
Zde za pomoci PCI-NI-6221 karty a DAQ asistentu získáváme signál a expresní funkci Spectra Measurement a dalšími úpravami získáváme spektrum a další požadované hodnoty.



obr. 27: Zdrojový kód - Měření

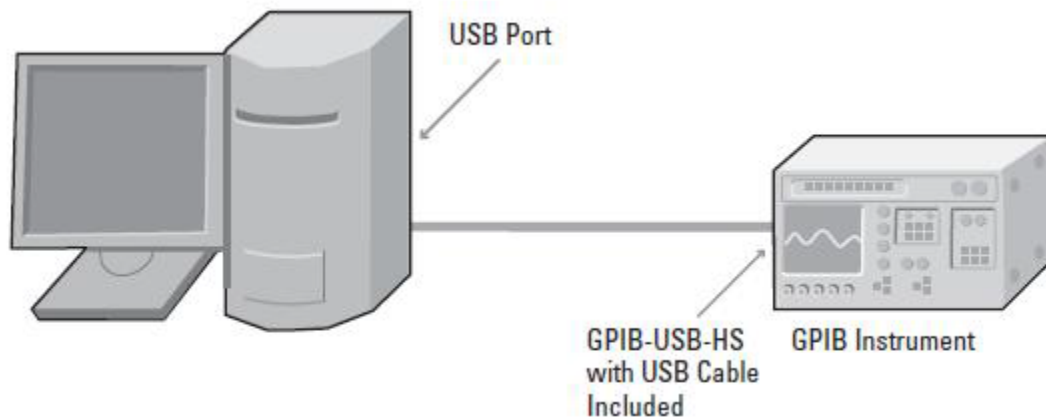
6.2.3. Výstup

Tenhle kód slouží pro otevření výstupu na zdroji HP6864B, zmačknutím tlačítka RUN se otevře výstup a náš signál „DATA1“, který je uložený v paměti zdroje HP6864B, začne být generovaný na výstupu.



obr. 28: Zdrojový kód - Výstup

6. Měření



obr. 29: Ilustrační zapojení

Měření probíhalo tak, že ve vytvořené aplikaci v LabVIEW jsme nastavovali parametry signálu a pomocí přístrojového ovladače a komunikačního rozhraní NI GPIB-USB-HS komunikovali s výkonovým zdrojem HP6834B, do kterého posíláme náš signál a následně, z kterého je pak náš signál generován na výstupu zdroje, kde je zpracováván měřicími trafy a převodníky signálů.

Signál byl generová při desetiprocentním zkreslení, jak můžeme vidět z naměřených hodnot, I_2 je přibližně deset procent z hodnoty I_1 a U_2 z hodnoty U_1 , proto jsem I_1 a U_1 převedl na desetiprocentní $I_{10\%}$ a $U_{10\%}$, aby se lepe pracovalo z naměřenými hodnotami. Hodnota I_1 a U_1 jsou hodnoty první harmonické, která odpovídá 50Hz. Přepočtené hodnoty $I_{10\%}$ a $U_{10\%}$ porovnáváme z hodnoty I_2 a U_2 , což jsou hodnoty při zvolené harmonické (5., 7., 11., 21., 31., 41., 49.). Můžeme vidět, že s rostoucí harmonickou, hodnoty I_1 a U_1 nebo $I_{10\%}$ a $U_{10\%}$, jsou téměř stejné, nedochází k poklesu napětí nebo proudu, jako u hodnot I_2 a U_2 . Z naměřených hodnot počítáme přenos A_I , A_U a z přenosu útlum a_I a a_U , který vynášíme do grafu v závislosti na frekvenci.

Přenos:

$$A_I = \frac{I_{10\%}}{I_2} = \frac{0,2084}{0,2064} = 0,9904 \quad (1)$$

$$A_U = \frac{U_{10\%}}{U_2} = \frac{10,9115}{10,859} = 0,9952 \quad (2)$$

Útlum:

$$a_I = 20 \cdot \log. AI = 20 \cdot \log 0,9904 = -0,0838 \text{ dB} \quad (3)$$

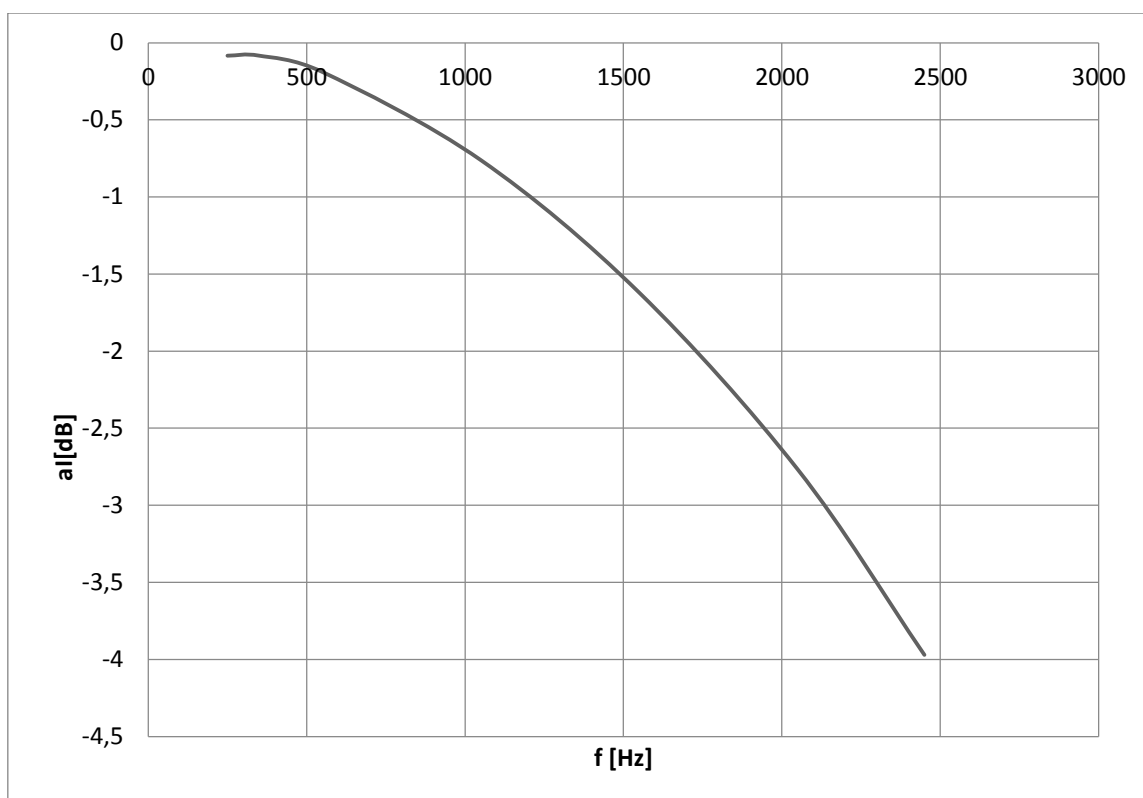
$$a_U = 20 \cdot \log. AU = 20 \cdot \log 0,9952 = -0,0419 \text{ dB} \quad (4)$$

K měření hodnot na převodnicích se používala měřicí karta NI-PCI-6221 a průmyslový počítač TANK-800, do kterého byla zasunuta měřicí karta NI-PCI-6221. Použili jsme dva vzorky převodníků proudový SCM-111 a napěťový SCM-101. Měření jsme prováděli při napětích 150V, 100V a 50V a proudech do 2A. Z grafů i z naměřených hodnot můžeme vidět, že při vyšších harmonických dochází k výraznému útlumu, při 49. harmonické ($f=2450\text{Hz}$) až kolem -4dB. Výrobce uvádí (viz. kap. 4.4.), že převodníky jsou do 100kHz a my jsme měřili maximálně do 2,5kHz a už při téhle hodnotě docházelo ke značnému útlumu. Z toho vyplývá, že tyto převodníky jsou značně nepřesné.

Přesnější jsou měřicí trafo. Požili jsme dva trafo proudové SM, a oddělovací TL20, které jsme použili jako napěťové a proudové. Měření jsme zde prováděli pomocí analyzátoru ENA330. Měřili jsme při napětích 100V a 50V a proudů přibližně 2,5A. Z grafu i z naměřených hodnot můžeme vidět, že zde dochází ke značně menšímu útlumu než u převodníku. Maximální útlum u měřicích traf je při 49. harmonické ($f=2450\text{Hz}$) je přibližně 0,67 dB, konkrétně se je o proudové trafo SM (tab. 13), což je oproti převodníkům velký rozdíl. V ideálním případě by nedocházelo k žádnému útlumu, jak u měřicích traf, tak i u převodníku.

Tabulka 7: Proudový převodník při 150V, rozsah převodníku 10A/10V

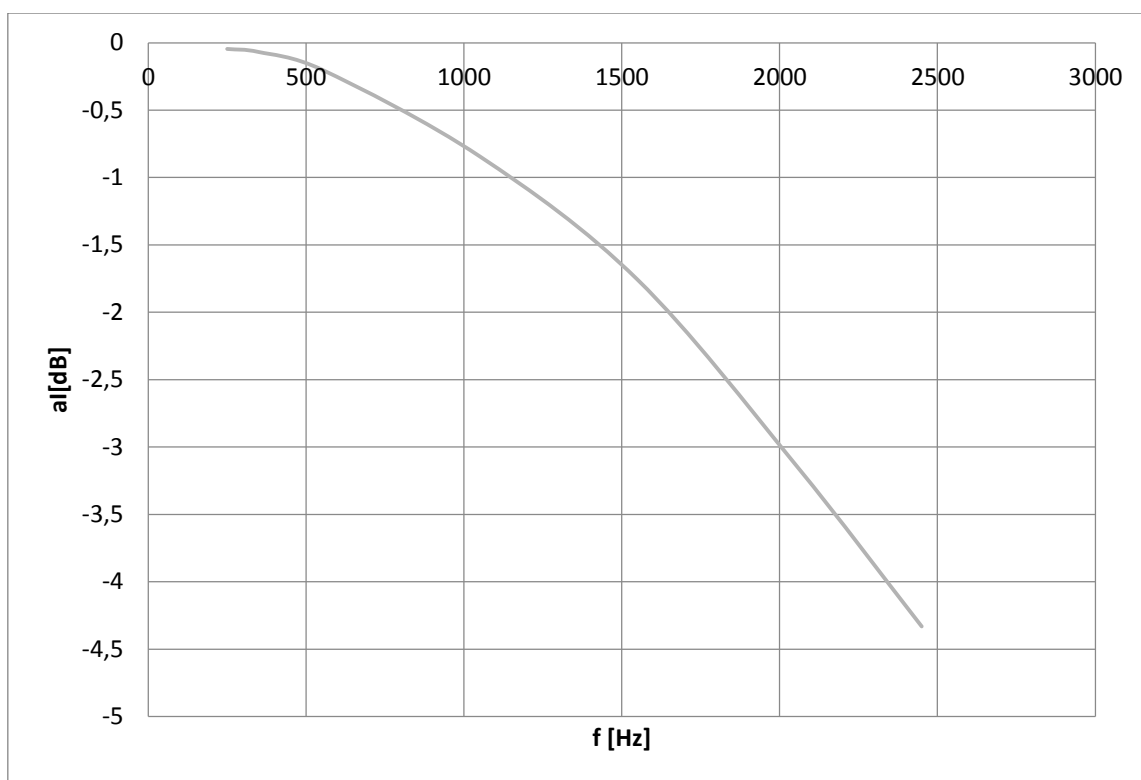
Harm.	f [Hz]	I ₁ [A]	I _{10%} [A]	I ₂ [A]	A _I	a _I [dB]
5.	250	2,084	0,2084	0,2064	0,9904	-0,0838
7.	350	2,09	0,209	0,207	0,9904	-0,0835
11.	550	2,085	0,2085	0,204	0,9784	-0,1895
21.	1050	2,085	0,2085	0,191	0,9161	-0,7614
31.	1550	2,085	0,2085	0,173	0,8297	-1,6212
41.	2050	2,0848	0,20848	0,1516	0,7272	-2,7673
49.	2450	2,085	0,2085	0,132	0,6331	-3,9707



obr. 30: Proudový převodník při 150V, rozsah převodníku 10A/10V

Tabulka 8: Proudový převodník při 150V, rozsah převodníku 2A/10V

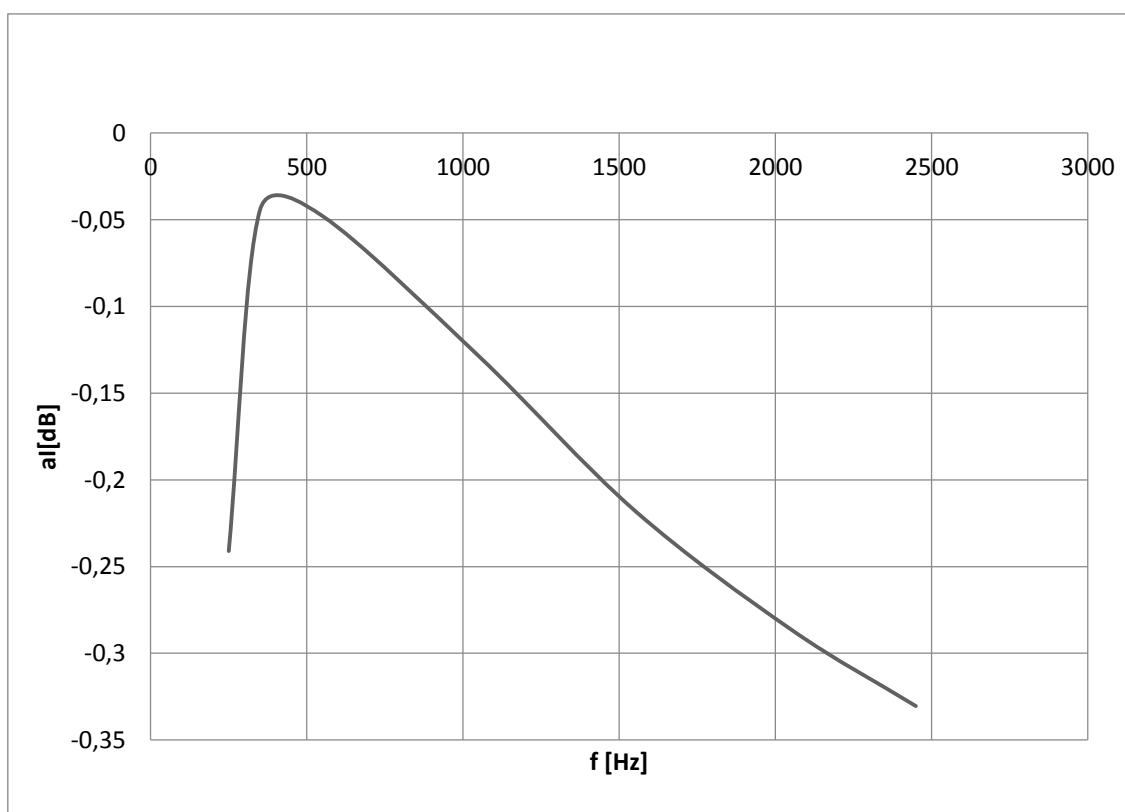
Harm.	f [Hz]	I ₁ [A]	I _{10%} [A]	I ₂ [A]	A ₁	a ₁ [dB]
5.	250	1,146	0,1146	0,114	0,9948	-0,0456
7.	350	1,146	0,1146	0,1137	0,9922	-0,0685
11.	550	1,146	0,1146	0,112	0,9773	-0,1993
21.	1050	1,146	0,1146	0,104	0,9075	-0,8430
31.	1550	1,146	0,1146	0,0936	0,8168	-1,7582
41.	2050	1,147	0,1147	0,08	0,6975	-3,1295
49.	2450	1,146	0,1146	0,0696	0,6073	-4,3315



obr. 31: Proudový převodník při 150V, rozsah převodníku 2A/10V

Tabulka 9: TL20 při 100V, poměr 5:5

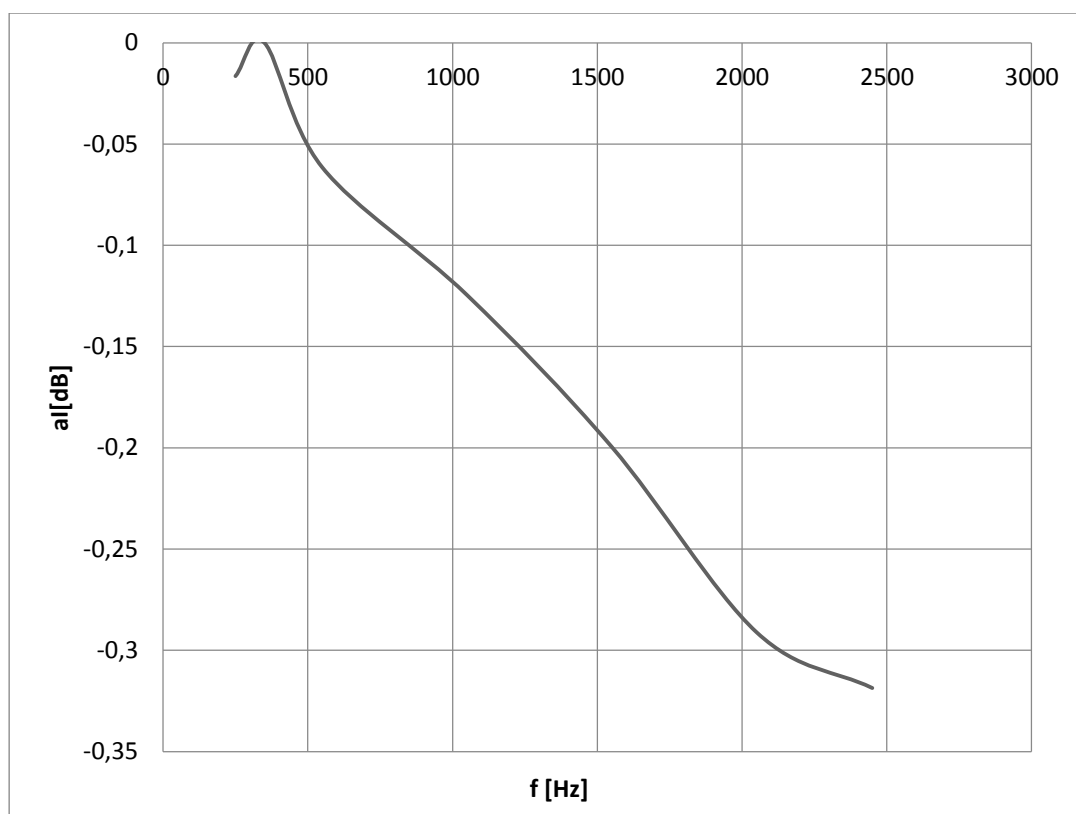
Harm.	f [Hz]	I ₁ [A]	I _{10%} [mA]	I ₂ [mA]	A _I	a _I [dB]
5.	250	2,594	259,4	252,3	0,9726	-0,2411
7.	350	2,55	255	253,7	0,9949	-0,0444
11.	550	2,549	254,9	253,5	0,9945	-0,0478
21.	1050	2,546	254,6	250,86	0,9853	-0,1285
31.	1550	2,545	254,5	248,2	0,9753	-0,2177
41.	2050	2,545	254,5	246,25	0,9676	-0,2862
49.	2450	2,545	254,5	245	0,9627	-0,3304



obr. 32: TL20 při 100V, poměr 5:5

Tabulka 10: SM při 100V, poměr 15:5

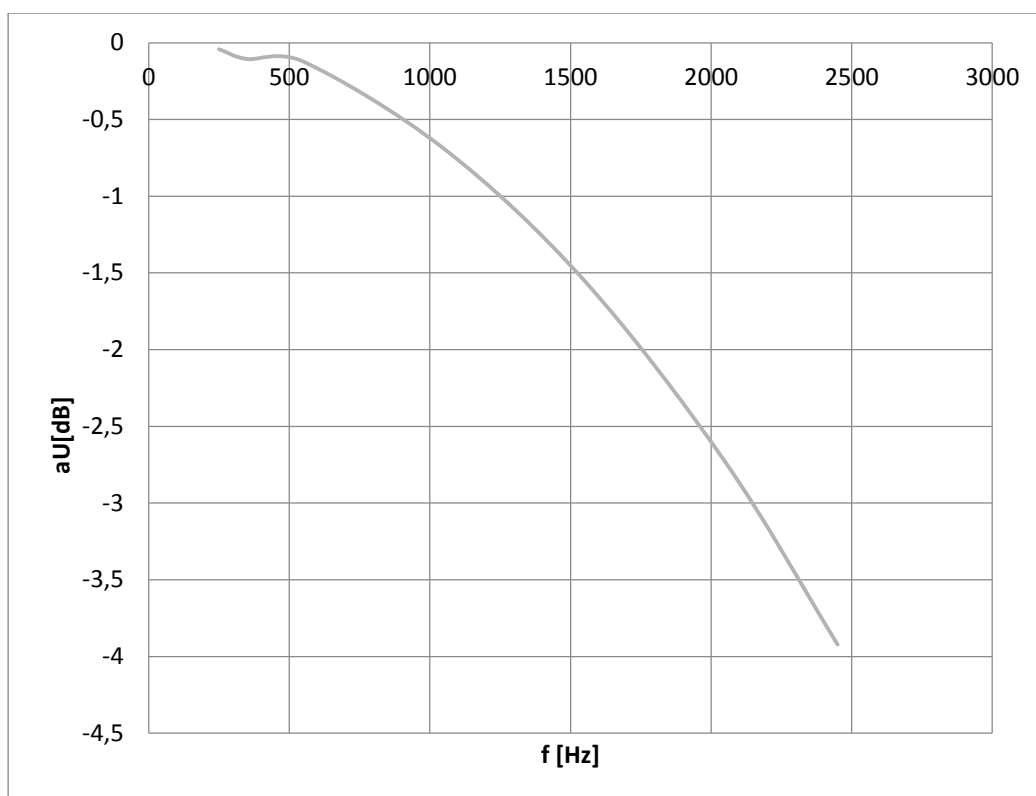
Harm.	f [Hz]	I ₁ [mA]	I _{10%} [mA]	I ₂ [mA]	A _I	a _I [dB]
5.	250	845,6	84,56	84,4	0,9981	-0,0165
7.	350	848	84,8	84,8	1	0,0000
11.	550	850	85	84,4	0,9929	-0,0615
21.	1050	849,8	84,98	83,77	0,9858	-0,1246
31.	1550	849,8	84,98	83,05	0,9773	-0,1995
41.	2050	849,7	84,97	82,17	0,9671	-0,2910
49.	2450	849,6	84,96	81,9	0,9640	-0,3186



obr. 33: SM při 100V, poměr 5:5

Tabulka 11: Napěťový převodník při 100V, rozsah převodníku 100/200V

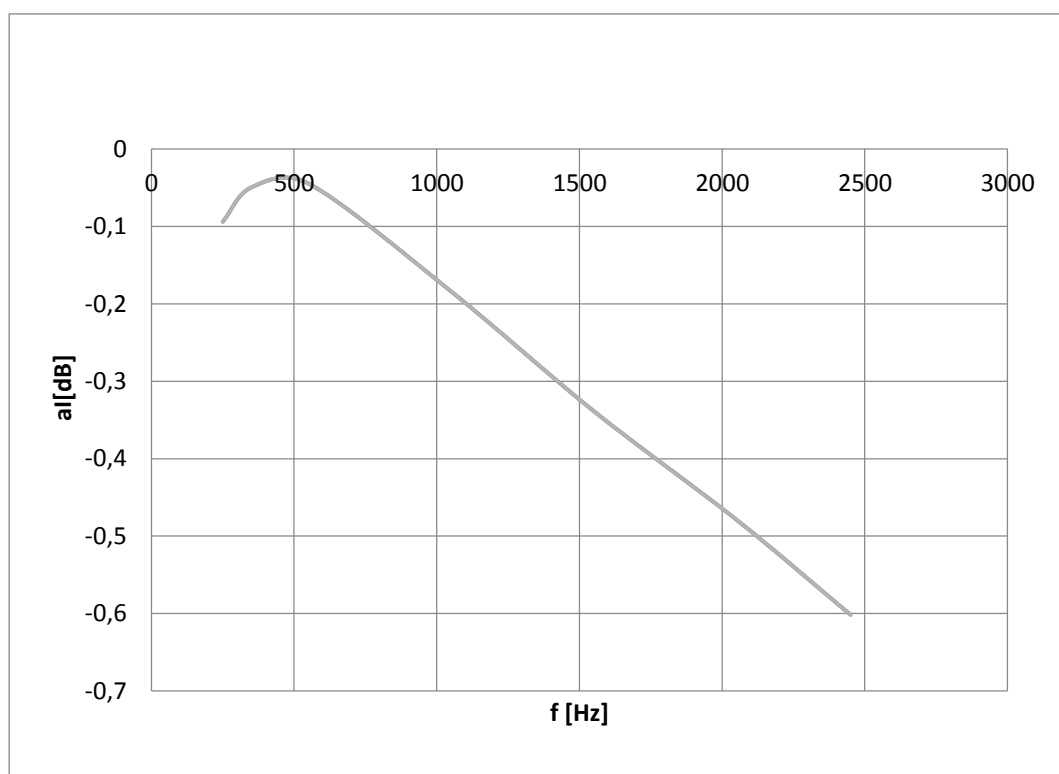
Harm.	f [Hz]	U_1 [V]	$U_{10\%}$ [V]	U_2 [V]	A_U	a_U [dB]
5.	250	109,115	10,9115	10,859	0,9952	-0,0419
7.	350	109,124	10,9124	10,78	0,9879	-0,1060
11.	550	109,13	10,913	10,76	0,9860	-0,1226
21.	1050	109,14	10,914	10,08	0,9236	-0,6905
31.	1550	109,143	10,9143	9,129	0,8364	-1,5515
41.	2050	109,15	10,915	7,97	0,7302	-2,7313
49.	2450	109,15	10,915	6,949	0,6367	-3,9220



obr. 34: Napěťový převodník při 100V, rozsah převodníku 100/200

Tabulka 12: TL20 při 50V, poměr 5:5

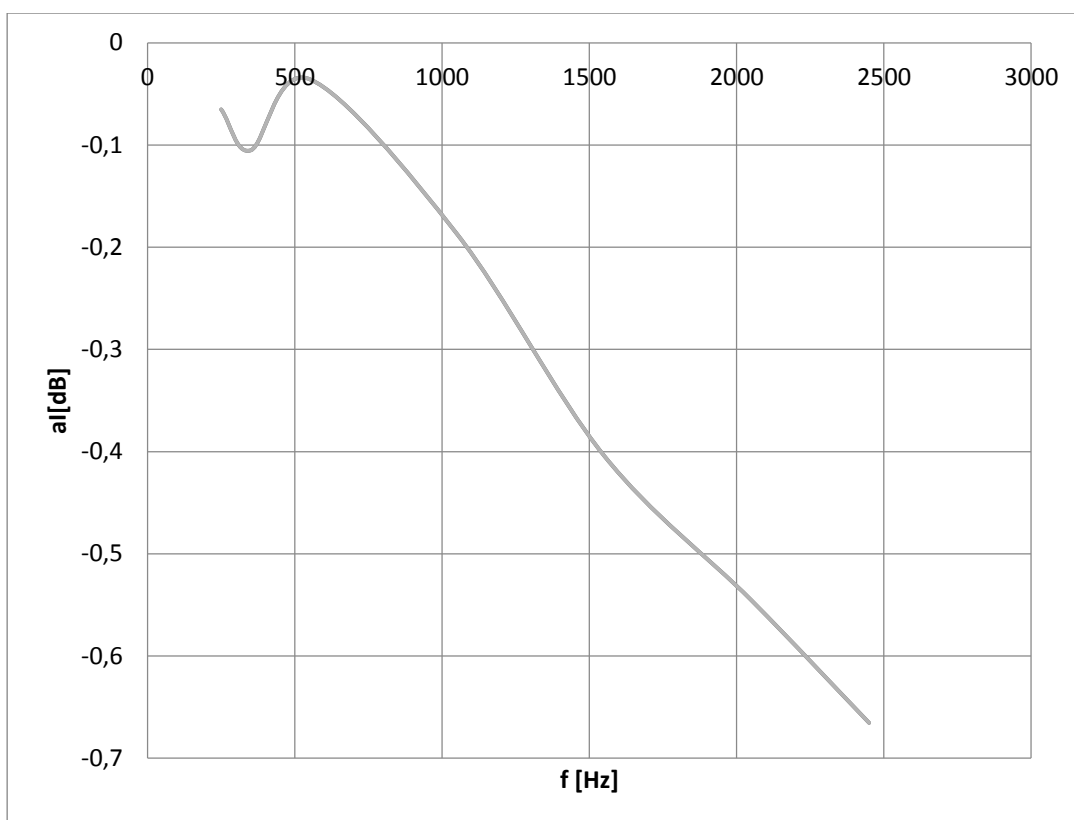
Harm.	f [Hz]	I ₁ [A]	I _{10%} [mA]	I ₂ [mA]	A ₁	a ₁ [dB]
5.	250	1,768	176,8	174,9	0,9893	-0,0939
7.	350	1,753	175,3	174,3	0,9943	-0,0497
11.	550	1,764	176,4	175,5	0,9949	-0,0444
21.	1050	1,767	176,7	173	0,9791	-0,1838
31.	1550	1,753	175,3	168,6	0,9618	-0,3385
41.	2050	1,753	175,3	165,9	0,9464	-0,4787
49.	2450	1,753	175,3	163,57	0,9331	-0,6016



obr. 35: TL20 při 50V, poměr 5:5

Tabulka 13: SM při 100V, poměr 15:5

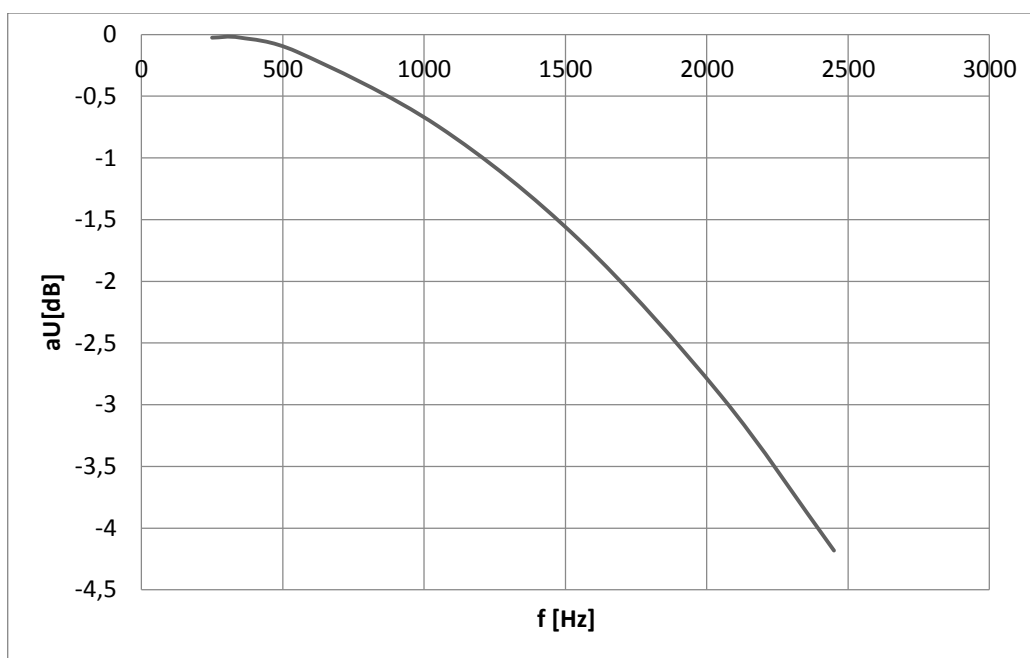
Harm.	f [Hz]	I ₁ [mA]	I _{10%} [mA]	I ₂ [mA]	A _I	a _I [dB]
5.	250	588,4	58,84	58,4	0,9925	-0,0652
7.	350	589,7	58,97	58,26	0,9880	-0,1052
11.	550	587,4	58,74	58,5	0,9959	-0,0356
21.	1050	587,5	58,75	57,5	0,9787	-0,1868
31.	1550	589,8	58,98	56,3	0,9546	-0,4039
41.	2050	589,9	58,99	55,4	0,9391	-0,5454
49.	2450	589,9	58,99	54,64	0,9263	-0,6654



obr. 36: SM při 100V, poměr 15:5

Tabulka 14: Napětový převodník při 50V, rozsah převodníku 100/200V

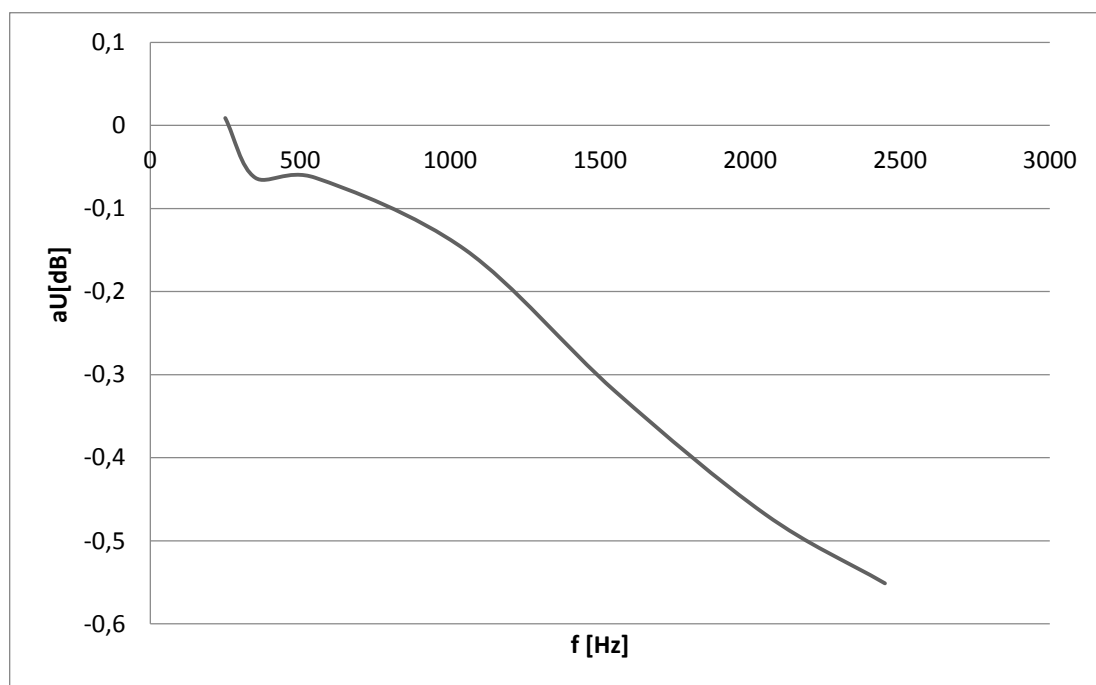
Harm.	f [Hz]	U ₁ [V]	U _{10%} [V]	U ₂ [V]	A _U	a _U [dB]
5.	250	54,46	5,446	5,43	0,9971	-0,0256
7.	350	54,46	5,446	5,43	0,9971	-0,0256
11.	550	54,47	5,447	5,36	0,9840	-0,1399
21.	1050	54,47	5,447	5	0,9179	-0,7437
31.	1550	54,47	5,447	4,496	0,8254	-1,6666
41.	2050	54,48	5,448	3,89	0,7140	-2,9257
49.	2450	54,49	5,449	3,367	0,6179	-4,1815



obr. 37: Napětový převodník při 50V, rozsah převodníku 100/200V

Tabulka 15: TL20 při 50V, poměr 5:5

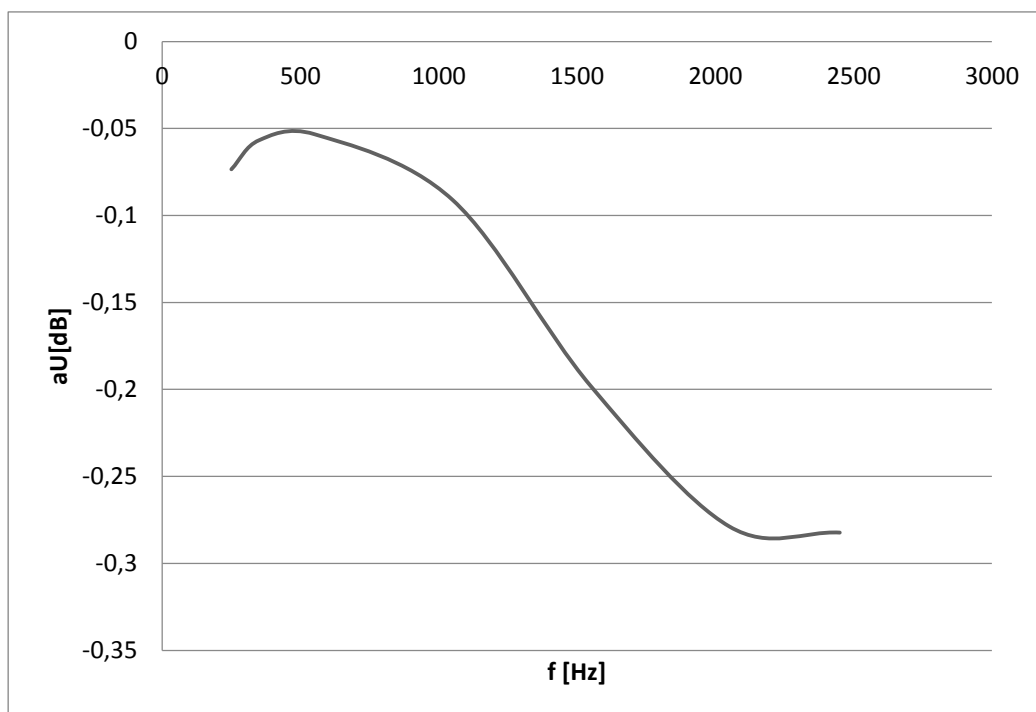
Harm.	f [Hz]	U_1 [V]	$U_{10\%}$ [V]	U_2 [V]	A_U	a_U [dB]
5.	250	49,25	4,925	4,93	1,0010	0,0088
7.	350	49,76	4,976	4,94	0,9928	-0,0631
11.	550	49,76	4,976	4,94	0,9928	-0,0631
21.	1050	49,75	4,975	4,89	0,9829	-0,1497
31.	1550	49,76	4,976	4,796	0,9638	-0,3200
41.	2050	49,76	4,976	4,715	0,9475	-0,4680
49.	2450	49,76	4,976	4,67	0,9385	-0,5513



Obrázek 38: TL20 při 50V, poměr 5:5

Tabulka 16: TL20 při 100V, poměr 5:5

Harm.	f [Hz]	U_1 [V]	$U_{10\%}$ [V]	U_2 [V]	A_U	a_U [dB]
5.	250	99,74	9,974	9,89	0,9916	-0,0735
7.	350	99,75	9,975	9,91	0,9935	-0,0568
11.	550	99,75	9,975	9,914	0,9939	-0,0533
21.	1050	99,7	9,97	9,866	0,9896	-0,0911
31.	1550	99,75	9,975	9,75	0,9774	-0,1982
41.	2050	99,75	9,975	9,66	0,9684	-0,2787
49.	2450	99,75	9,975	9,656	0,9680	-0,2823



Obrázek 39: TL20 při 100V, poměr 5:5

7. Závěr

Cíl bakalářské práce dle zadání byl splněn. V rámci řešení byla navržena virtuální aplikace pro generaci měřicího signálu dle uživatelem definovaných parametrů. Aplikace byla naprogramována s využitím funkcí přístrojového driveru pro výkonový zdroj HP6834B. Následně byl změřen útlum vyšších harmonických signálů do řádu 49 ($f=2450$ Hz) pro některé vybrané vzorky. Měření bylo provedeno pro jeden vzorek napěťového trafo, 2 vzorky proudového trafo, napěťový převodník SCM -101 a proudový převodník SCM – 111 Elcom.

Z výsledků měření je patrné, že na vyšších harmonických dochází k určitému útlumu. Přičemž vyšší hodnoty útlumu vyšších harmonických byly naměřeny u vstupních převodníků SCM-101a SCM-111. Obecně můžeme konstatovat, že s rostoucí frekvencí vyšší harmonické roste také její útlum.

Největší naměřený útlum u proudových měřicích traf byl -0,67 dB při 49. harmonické ($f=2450$ Hz), konkrétně se jedná o proudové trafo SM, převodový poměr 15:5 (tab. 13).

Dále z výsledků měření vyplývá, že jak u napěťového tak i u proudového převodníku dochází k vyššímu útlumu vyšších harmonických, než je tomu u měřicích traf. Při frekvenci 49. harmonické je to více než -4dB. Výrobce udává frekvenční rozsah pro oba dva vzorky vstupních převodníků do 100kHz.

Je patrné, že následkem útlumu vyšších harmonických jsou měřené signály následkem tohoto jevu poněkud zkreslené. Přesná informace výrobců měřicích traf o frekvenčním útlumu vyšších harmonických často v katalogu chybí. Díky změřené charakteristice lze do měřicího řetězce zahrnout korekční tabulku, která umožní zvýšit přesnost měření na vyšších frekvencích a tím zvýšit kvalitu analýzy signálu.

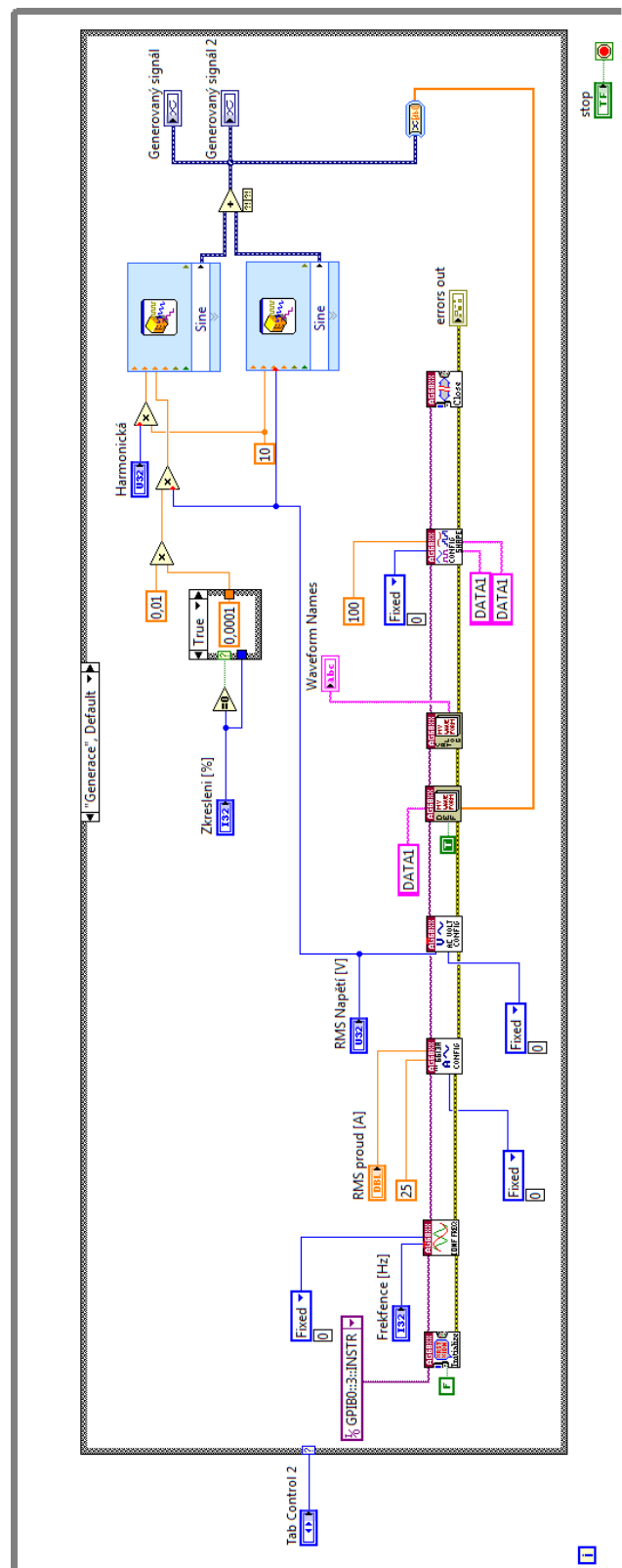
Použitá literatura

- [1] ŽIDEK, Jan. *Grafické programování ve vývojovém prostředí LabVIEW*,. Ostrava: VŠB-TU, 2002. [2] *User's Guide: Agilent Models 6814B, 6834B, and 6843A* [online]. U.S.A, 1998 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z:http://www.ufrgs.br/lmeae/arquivos_manuais/hp_ac_source/AC_power_Source.pdf
- [3] *National Instruments: Types of Instrument Drivers* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z:<http://www.ni.com/white-paper/4803/en/>
- [4] BILÍK, Petr. *VIRTUÁLNÍ INSTRUMENTACE*. Ostrava, 2012, VŠB-TU.
- [5] *ENA330* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.elcom.cz/cz/produkty/merici-systemy/merici-systemy-pro-energetiku/pristroje/ena330>
- [6] *User Manual: TANK-800* [online]. 2011 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z:http://www.ieiworld.com/files/file_pool/0B321000243412985413/file/TANK-800_UMN_v1.00.pdf
- [7] *Napěťový převodník SCM-101*.
- [8] *Proudový převodník SCM-111*.
- [9] *NI GPIB-USB-HS* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-264>
- [10] *NI PCI-6221* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/14132>

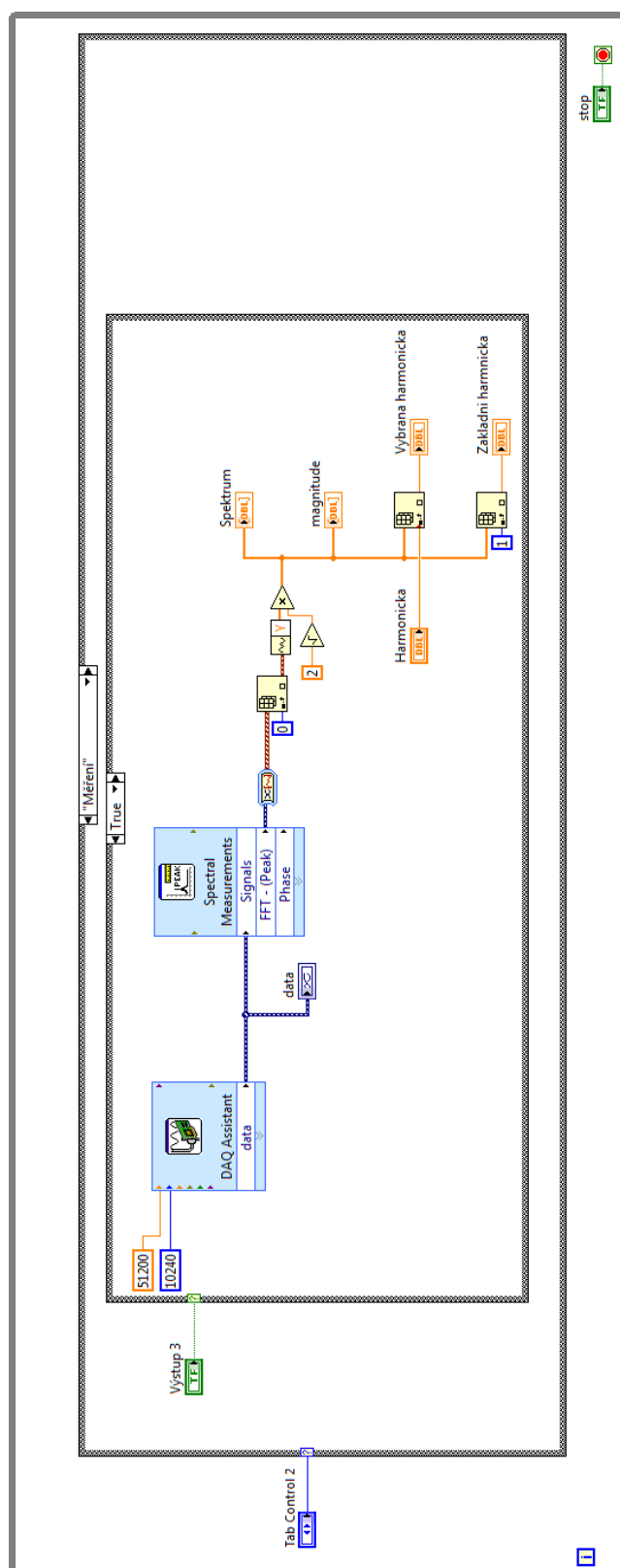
Seznam příloh:

I.	Blokový diagram Generace	I
II.	Blokový diagram Měření	II
III.	Blokový diagram Výstup	III

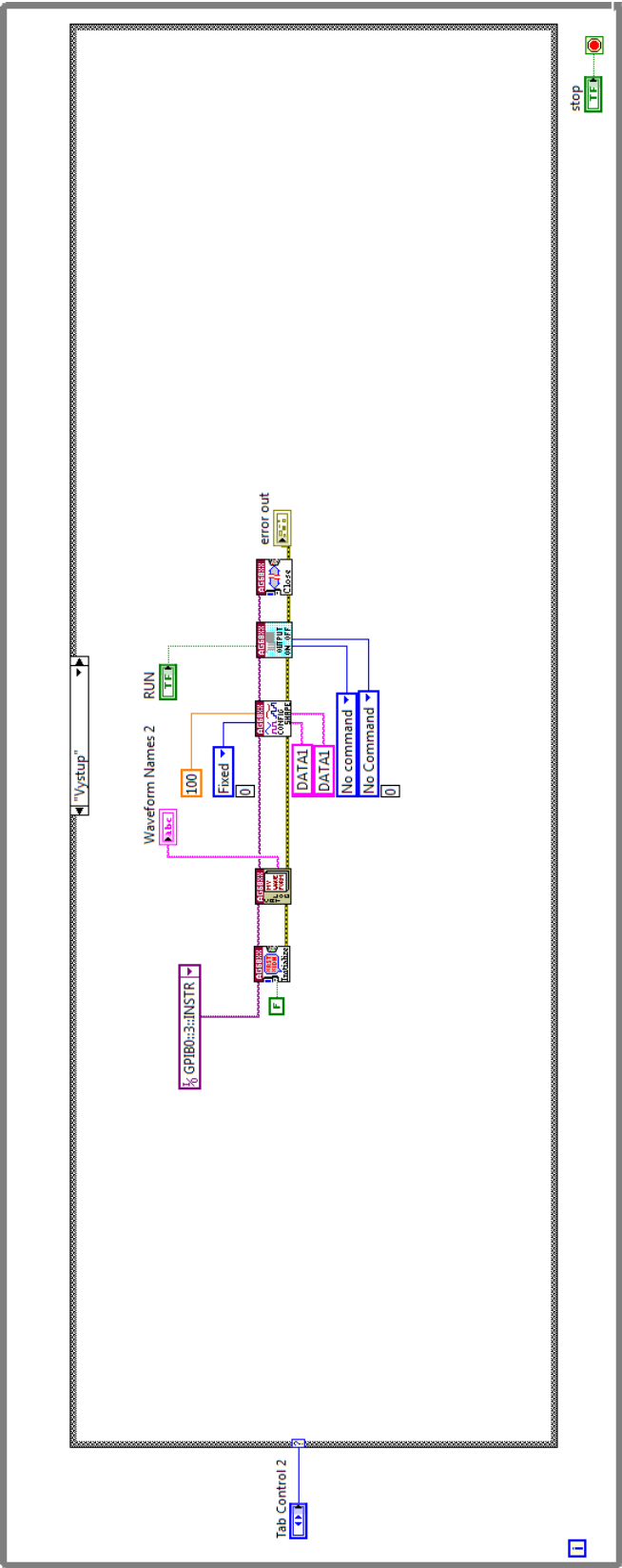
I. Blokový diagram Generace



II. Blokový diagram Měření



III. Blokový diagram Výstup



Přílohy na CD:

- Bakalářská práce
- Aplikace pro měření